



Les formations mésozoïques à Charophytes (Jurassique moyen-Crétacé inférieur) de la marge téthysienne nord-occidentale (SE de la France, Suisse occidentale, NE de l’Espagne) . Sédimentologie, micropaléontologie, biostratigraphie.

Pierre-Olivier Mojon

► **To cite this version:**

Pierre-Olivier Mojon. Les formations mésozoïques à Charophytes (Jurassique moyen-Crétacé inférieur) de la marge téthysienne nord-occidentale (SE de la France, Suisse occidentale, NE de l’Espagne) . Sédimentologie, micropaléontologie, biostratigraphie.. Géologie appliquée. Université Joseph-Fourier - Grenoble I, 2001. Français. NNT : . tel-00546081

HAL Id: tel-00546081

<https://theses.hal.science/tel-00546081>

Submitted on 13 Dec 2010

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L’archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d’enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



UNIVERSITÉ
JOSEPH FOURIER
SCIENCES. TECHNOLOGIE. MÉDECINE

ISSN 0993-796X

GÉOLOGIE ALPINE

ÉDITÉ PAR LE LABORATOIRE DE GÉOLOGIE
DE L'UNIVERSITÉ DE GRENOBLE
(Laboratoire de Géodynamique des Chaînes Alpines)

MÉMOIRE H. S. N° 41

LES FORMATIONS MÉSOZOÏQUES À CHAROPHYTES (JURASSIQUE MOYEN –
CRÉTACÉ INFÉRIEUR) DE LA MARGE TÉTHYSIENNE NORD-OCCIDENTALE

(SUD-EST DE LA FRANCE, SUISSE OCCIDENTALE, NORD-EST DE L'ESPAGNE)

Sédimentologie, micropaléontologie, biostratigraphie

Pierre-Olivier Mojon



2002

GÉOLOGIE ALPINE

ÉDITÉ PAR LE LABORATOIRE DE GÉOLOGIE
DE L'UNIVERSITÉ I DE GRENOBLE
(Laboratoire de Géodynamique des Chaînes Alpines)

MÉMOIRE H. S. N° 4 1

**LES FORMATIONS MÉSOZOÏQUES À CHAROPHYTES (JURASSIQUE MOYEN –
CRÉTACÉ INFÉRIEUR) DE LA MARGE TÉTHYSIENNE NORD-OCCIDENTALE**

(SUD-EST DE LA FRANCE, SUISSE OCCIDENTALE, NORD-EST DE L'ESPAGNE)

Sédimentologie, microplaéontologie, biostratigraphie

Pierre-Olivier Mojon



2002

Couverture : vue partielle de la coupe de Lavans-les-Saint-Claude (cliché P.-O. Mojon)

Aux fructifications spiralisées et hélicoïdales des Charophytes, symboles solaires d'éternité.

« Si la puissance éternelle de Dieu et sa divinité ne se voient pas, elles se discernent par le moyen de l'intelligence dans les choses qui sont faites. »

Paul, Romains 1: 19-20

« Connaître, c'est savoir que la connaissance est illimitée et donc qu'on connaît peu.
Ne pas connaître, c'est s'imaginer qu'on sait, le mal commun à tous.
Tenir ce mal pour un mal, c'est se libérer de l'erreur.
En les reconnaissant toutes, on prévient leur nocivité et on conserve l'effacement. »

Lao-Tseu, Tao-Te-King

« Tout ce que je sais, c'est que je ne sais rien. »

Socrate, à son disciple Criton.

« **La Science**, puisque ce sont des individus qui la font, est une activité qui plonge ses racines dans la société. Elle **progresses par pressentiment, vision et intuition**. Une grande part de sa transformation dans le temps ne doit pas être considérée comme une approche plus fine de la vérité absolue, mais comme la modification des contextes culturels qui l'influencent si fortement. Les faits ne sont pas des éléments d'information purs et sans tache ; la culture également influe sur ce que nous voyons et sur la manière dont nous voyons les choses. Les théories, en outre, ne sont pas des déductions inexorables que l'on tire des faits. **Les théories les plus créatrices sont souvent des visions que l'imagination a imposées aux faits** ; la source de l'imagination est souvent aussi d'origine fortement culturelle. »

*Stephen Jay Gould
(La Mal-Mesure de l'Homme, 1983)*

LES FORMATIONS MÉSOZOÏQUES À CHAROPHYTES (JURASSIQUE MOYEN - CRÉTACÉ INFÉRIEUR) DE LA MARGE TÉTHYSIENNE NORD-OCCIDENTALE (SE DE LA FRANCE, SUISSE OCCIDENTALE, NE DE L'ESPAGNE)

Sédimentologie, micropaléontologie, biostratigraphie

par Pierre-Olivier MOJON *

RÉSUMÉ.— Le thème principal de ce travail de thèse se rapporte à l'étude micropaléontologique et sédimentologique des dépôts émergifs de la plate-forme jurassienne (S.-E. de la France et Suisse occidentale) entre le Jurassique moyen et le Crétacé inférieur (faciès purbeckiens et wealdiens).

Grâce aux données complémentaires de coupes sélectionnées dans le N.-E. de l'Espagne (Maestrazgo) et le S.-E. de la France (Basse-Provence), une biozonation continentale principalement basée sur les Charophytes et un nouveau schéma phylogénétique des Clavatoracées (Charophytes) sont établis pour le Jurassique supérieur – Crétacé de l'Europe occidentale.

D'autre part, le polymorphisme des gyrogonites des Porocharacées et des Characées (Charophytes) est mis en évidence avec une révision taxonomique. D'après une comparaison entre les données fossiles du Jurassique–Crétacé avec le matériel récolté dans des environnements similaires de l'Actuel, ce polymorphisme résulte des variations de certains paramètres écologiques (salinité, pH, luminosité, température) influençant la croissance des thalles et des fructifications des Charophytes.

L'analyse micropaléontologique et sédimentologique des dépôts émergifs mésozoïques de la plate-forme jurassienne permet en outre de déceler l'activité d'une tectonique synsédimentaire d'origine tardi-hercynienne au Crétacé inférieur (phase néo-cimmérienne) et de reconnaître un climat subtropical à alternances saisonnières de périodes sèches et humides dans l'intervalle Jurassique moyen – Crétacé inférieur.

La présence très particulière dans le Jura de rares restes de Dinosauriens (*Allosaurus*) et de certaines Characées (*Aclistochara bransonii*) autorise également à postuler durant le Jurassique supérieur et le Crétacé basal des échanges biologiques entre la marge nord-téthysienne (Eurasie) et l'Amérique du Nord. Plus précisément, d'autres éléments de corrélation (Ostracodes, Charophytes, Dinokystes, Ammonites) originaires respectivement des domaines téthysien ou boréal démontrent la réalité de connexions avec la plate-forme jurassienne au Crétacé basal (Berriasien–Valanginien / Volgien–Ryazanien).

Dans ses conclusions, ce travail présente une interprétation séquentielle des dépôts margino-littoraux du Jurassique–Crétacé de la plate-forme jurassienne et évalue l'influence des cycles climatiques glacio-eustatiques ou de la dérive des continents dans la mise en place des faciès d'émergence laguno-lacustres sur les marges continentales et les aires cratoniques.

Enfin, la lignée phylogénétique des *Hemiglobator–Globator* (Clavatoracées, Charophytes) est prise comme exemple significatif pour une réflexion sur la théorie néo-darwiniste de l'Evolution et le créationnisme, apparemment contradictoires mais en fait complémentaires.

MOTS-CLÉS.— Micropaléontologie, Biostratigraphie, Sédimentologie, Charophytes, Ostracodes, Jurassique–Crétacé, Europe occidentale.

* Observatoire des Sciences de l'Univers de Grenoble (OSUG), Laboratoire de Géodynamique des Chaînes Alpines (LGCA), Maison des Géosciences, 1381, rue de la Piscine, BP53, 38041 Grenoble cedex, France

Thèse préparée à l'Université de Genève, puis à l'Université Joseph Fourier de Grenoble (Laboratoire de Géodynamique des Chaînes Alpines), soutenue le 10 Octobre 2001 pour l'obtention du grade de Docteur de l'Université de Grenoble, devant la commission d'examen :

H. ARNAUD, Professeur, directeur de thèse
J.-P. COLIN, Ingénieur, examinateur
M. FEIST, Chargée de Recherches, rapporteur
G. MASCLE, Professeur, président
J. REMANE, Professeur, rapporteur
J. THIERRY, Professeur, examinateur

MESOZOIC CHAROPHYTE FORMATIONS (MIDDLE JURASSIC - LOWER CRETACEOUS)

OF THE NORTHWESTERN TETHYAN MARGIN

(SOUTHEASTERN FRANCE, WESTERN SWITZERLAND, NORTHEASTERN SPAIN)

Sedimentology, Micropaleontology, Biostratigraphy

ABSTRACT.— The main topic of this work concerns the micropaleontological and sedimentological study of the emersive deposits on the Jura platform (S.-E. France and western Switzerland) since the Middle Jurassic to the Lower Cretaceous (Purbeckian and Wealdian facies).

By additional data of selected outcrops in N.-E. Spain (Maestrazgo) and S.-E. France (Basse-Provence), a continental biozonation mainly based on the Charophytes and a new phylogenetic diagram of the Clavatoraceae (Charophytes) are set for the Upper Jurassic – Cretaceous of the Western Europe.

Moreover, the polymorphous gyrogonites of the Porocharaceae and Characeae (Charophytes) is underlined with a taxonomic review. After a comparison including the Jurassic–Cretaceous fossil data and the material collected in similar recent environments, this polymorphism is related to the interaction of some fluctuating ecologic parameters (salinity, pH, lighting, temperature) on the growth of the Charophytes thallus and fructifications.

The micropaleontological and sedimentological analysis of the Jura platform's Mesozoic emersive deposits allows to notice likewise a Lower Cretaceous tectonic activity related to a tardi-hercynian origin and connected with the Neo-Cimmerian phase, as well as to recognize a subtropical climate with alternated seasonal dry and wet periods in the Middle Jurassic – Lower Cretaceous interval.

The very particular occurrence in the Jura Mountains of scarce Dinosaurs remains (*Allosaurus*) and some Characeae (*Aclistochara bransoni*) agrees to postulate during the Upper Jurassic and the lowermost Cretaceous biological exchanges between the northern Tethyan margin (Eurasia) and North America. More precisely, other correlation tools (Ostracods, Charophytes, Dinokysts, Ammonites) from respectively Tethyan or Boreal realms indicate the evidence of connections with the Jura platform in the lowermost Cretaceous (Berriasian–Valanginian / Volgian–Ryazanian).

As conclusions, this study introduces a sequential interpretation of the Jurassic–Cretaceous coastal deposits on the Jura platform and evaluates the share of the glacio-eustatic climatic cycles or of the continental drift inducing the brackish–lacustrine emersive facies on the continental margins and cratonic areas.

At last, the phylogenetic lineage of the *Hemiglobator-Globator* (Clavatoraceae, Charophytes) is used as a significant exemple to argue about the neo-darwinist theory of Evolution and the creationism, apparently conflicting but in fact complementary.

KEY WORDS.— Micropaleontology, Biostratigraphy, Sedimentology, Charophytes, Ostracods, Jurassic–Cretaceous, Western Europe.

Chapitre 1

INTRODUCTION

Le présent travail a été réalisé avant tout selon des méthodes traditionnelles et des observations empiristes dûment éprouvées dans le domaine des Sciences naturelles. À l'origine, la démarche scientifique orientant cette étude se base sur des recherches micropaléontologiques et sédimentologiques dictées par des choix à la mode et unilatéraux d'ordre économique et politique se rapportant aux travaux de prospection des grandes compagnies pétrolières occidentales et nord-américaines.

Ces options modernistes ont permis de remarquables progrès dans le domaine des Sciences de la Terre aboutissant notamment à l'élaboration complémentaire d'un modèle sédimentaire synthétique idéal des

systèmes de dépôt de plate-forme par P.R. Vail et ses collaborateurs [1977-1991] ainsi que d'une courbe eustatique des variations globales du niveau marin (EXXON-Curve) par Haq, Hardenbol et Vail [1987-1988]. Bien qu'apparaissant comme encore assez théoriques à la lumière des résultats et des interprétations concluant nos recherches et celles d'autres collègues [Sahagian *et al.*, 1996], ces schémas présentent néanmoins une utilité indéniable pour analyser une structure sédimentaire aussi complexe que celle de la plate-forme jurassienne.

D'autres disciplines scientifiques à l'avenir prometteur mais aux données cependant encore souvent contradictoires et donc peu fiables, comme la

radiométrie, le paléomagnétisme et la géochimie des isotopes, n'ont pas fait ici l'objet d'une attention particulière à l'exception de quelques références d'ordre général. L'exemple de la variabilité importante des datations absolues proposées par Odin [1994] et Gradstein *et al.* [1994] est à cet égard très significatif et illustre bien les difficultés pour établir avec objectivité une échelle chronostratigraphique de référence précise et pouvant universellement être admise sans restriction. Les problèmes rencontrés par ces techniques récentes d'investigation concernent, mises à part les erreurs de manipulation ou de calcul toujours possibles, un étalonnage spécifique lié au type de machine de laboratoire utilisée ou à des concepts théoriques différents pour analyser les résultats obtenus. Pour ces raisons, il est donc difficile de prendre en compte sérieusement et avec une totale confiance de telles données susceptibles d'être entachées d'une part importante d'arbitraire et d'erreur.

Le même genre de reproches peut évidemment aussi être adressé à notre entreprise de style naturaliste, qui relève en effet davantage de l'empirisme que des Sciences exactes. Toutefois, cet aspect certes inévitable de notre travail est aussi volontaire parce que lié à une démarche philosophique souhaitant dépasser le domaine purement scientifique pour rejoindre la dimension universelle et humaniste des admirables travaux du XIX^e siècle, tel celui de Maillard [1884a] considéré à l'époque comme "une dissertation inaugurale présentée à la Haute Faculté de Philosophie de l'Université de Zürich".

Car à notre avis, la motivation et la justification de nos recherches ne devraient pas résider uniquement dans la présentation et l'analyse de résultats visant une utilité d'ordre purement académique ou technologique (souvent aléatoire à court terme dans le domaine des Sciences naturelles), mais aussi et surtout à susciter une réflexion et un débat de plus grande portée encore ouvrant la voie à de nouvelles perspectives.

Selon les rapports d'experts concernant la présente étude, il a été tenu compte autant que possible des critiques émises au moyen d'une révision adéquate du texte original. Toutefois, certains éléments litigieux d'ordre nomenclatural ont été maintenus selon le principe de "la responsabilité du point de vue de leur auteur" et l'avis que le bon sens devrait décider logiquement à l'avenir de l'usage consensuel et approprié des données taxonomiques en question.

1.- MÉTHODOLOGIE

1.1. Sédimentologie (fig. 1)

Sur le terrain, des levés de coupes détaillés banc par banc ont été établis pour permettre une représentation précise de la lithologie et des profils d'érosion des

affleurements étudiés, avec des précisions concernant la couleur et les structures sédimentaires éventuelles des bancs. Les observations effectuées ont également rendu possible la mise en évidence dans les dépôts émergifs margino-littoraux étudiés (marins peu profonds de plate-forme interne et laguno-lacustres à terrestres, en majeure partie carbonatés et partiellement détritiques) de niveaux-clés marquant des changements majeurs de faciès entre les diverses formations lithologiques et correspondant ainsi à des discontinuités sédimentaires (surfaces d'émersion ou de transgression) utiles à l'interprétation séquentielle.

L'analyse des faciès a été réalisée sur le terrain par des observations directes à l'œil nu ou à la loupe, alors que les microfaciès ont été analysés en laboratoire grâce à des séries de lames-minces et de surfaces polies examinées à la loupe binoculaire ou au microscope.

L'étude sédimentologique de terrain portant sur les coupes figurées dans ce travail et la reconnaissance des divers faciès présents (lagon marin à restreint, plage, estran, sebkha, deltaïque, laguno-lacustre, terrestre) se rapportent aux ouvrages de référence de Walker [1984] et de Reading [1986].

Au niveau microscopique (lames-minces et surfaces polies), la terminologie descriptive utilisée pour les éléments constitutifs des microfaciès (bioclastes = débris coquilliers d'origine biogénique, péloïdes, oïdes, intraclastes) se rapporte à l'ouvrage de Flügel [1982], ainsi qu'aux classifications de Folk [1959] et Dunham [1962] pour la désignation des divers types de roches sédimentaires carbonatées qui ont été reconnus.

La classification la plus pratique, utilisée en priorité dans ce travail, est celle de Dunham basée sur le critère de la phase de liaison (matrice ou ciment) de la roche sédimentaire carbonatée, qui comprend 4 catégories de sédiments nommés d'après leur texture (mudstone, wackestone, packstone, grainstone).

L'autre classification, celle de Folk [1959], est plus complexe (fig. 1) et se fonde pour chaque microfaciès sur l'abondance relative des divers éléments constitutifs (allochems) dont la première syllabe est utilisée comme préfixe si ceux-ci représentent plus de 10% de la roche totale (**bio-** pour bioclastes, **pel-** pour péloïdes, **oo-** pour oïdes et **intra-** pour intraclastes), ainsi que sur la nature de la matrice (micrite) ou du ciment (sparite) utilisée comme suffixe (orthochems).

Ces deux classifications sont complémentaires et permettent d'apporter ensemble des précisions importantes concernant le milieu de dépôt et l'hydrodynamisme. Ainsi, un calcaire oolithique (oïdes dominants à 65%) à bioclastes (débris coquilliers de Mollusques, de Brachiopodes et d'Echinodermes, Foraminifères benthiques, Dasycladacées) constituant plus de 10% de la roche totale et à ciment sparitique (diagénétique) typique de l'Unité Inférieure Oolithique (Berriasien moyen) du Jura central se nommera grainstone selon la terminologie de Dunham [1962] et oobiosparite d'après celle de Folk [1959], ou même plus

ROCHES CARBONATÉES				CALCAIRES, CALCAIRES PEU DOLOMITISÉS, DOLOMIES PRIMAIRES						DOLOMIES SECONDAIRES DE SUBSTITUTION							
classification de R. FOLK (1959)				roches allochimiques allochèmes > 10 %		roches orthochimiques microcristallines allochèmes < 10 %		TYPE 4 roches de bioherme		TYPE 5 avec fantômes sans fantômes d'allochèmes d'allochèmes							
				TYPE 1	TYPE 2	TYPE 3											
				r. allochimiques spathiques (ciment spath. > boue microcrist.)	r. allochimiques microcristallines (ciment spath. < boue microcrist.)	1% < allochèmes < 10%	allochèmes < 1%										
composition volumétrique des allochèmes				intracrastes > 25 %		intracrastes dominants		micrite à intracrastes		biolitite		intracrastes dominants		dolomie intracrastique		dolomie cristalline (grenue à microcristalline)	
				oolites > 25 % (et pisolites)		oosparrudite oosparite		oolites				dolomie oolitique					
				oolites < 25 % R-fossiles, biocrastes / pellets R > 3 1/3 < R < 3 R < 1/3		bioparrudite biosparite		micrite fossilifère				dolomie biogénique					
						biopelsparite		micrite à pellets				dolomie pelletoïdale					
				pelsparite		pelmicrite											

FIG. 1.— Classification des roches carbonatées, d'après Folk [1959].

précisément oobiosparite à intracrastal et péloïdes si l'on considère aussi la présence disséminée d'intracrastal (= lithoclastes) et de péloïdes représentant dans chaque cas moins de 10% de la roche totale. Ces caractères ainsi que l'absence de matrice micritique (boue calcaire) font considérer un tel sédiment comme un sable calcaire caractérisant un milieu de dépôt margino-littoral à fort hydro-dynamisme. A l'affleurement, la présence de figures sédimentaires particulières telles que des méga- ou microrides de courant (*ripples*) ou encore de structures en « clef de voûte » (*keystone vugs*) permettent de définir s'il s'agit d'un milieu de dépôt subtidal sous l'influence de marées ou de courants plus ou moins forts (barres sableuses) dans le premier cas ou d'un faciès supratidal de plage dans le second. Si le ciment sparitique est remplacé par de la micrite (= boue calcaire) formant une matrice autour des allochèmes, ce calcaire oolithique sera alors considéré comme un packstone correspondant à une oobiomicroite à intracrastal et péloïdes déposée en milieu subtidal calme et peu profond (faciès envasé de lagon marin).

D'utiles précisions sur la cimentation, la diagénèse et la dolomitisation éventuelle des microfaciès étudiés peuvent être apportées dans chaque cas grâce aux données de Longman [1980], Moore [1989], Tucker et Wright [1990]. Un point très important dont il faut souvent tenir compte est représenté par la superposition possible de plusieurs faciès, par exemple l'installation cyclique de sebkhas dans un milieu de dépôt à dominance laguno-lacustre dont les sédiments contiennent alors paradoxalement des pseudomorphoses de cristaux d'évaporites (gypse, anhydrite ou même halite) associées (surimposées) à des Charophytes et des Ostracodes d'eau douce ou saumâtre.

Un autre exemple est constitué par les émergences induisant la diagénèse des calcaires oolithiques marins avec dissolution du cortex aragonitique des ooides et l'apparition d'une porosité moldique présentant des ciments ménisques (zone vadose ou émergée) ou une nouvelle cimentation (zone phréatique) d'eau douce (calcite sparitique grossière) ou marine (Mg-calcite aciculaire ou équigranulaire). Egalement liés à la diagénèse des sédiments, les phénomènes de dolomitisation secondaire peuvent de la même façon affecter des dépôts déjà en place et indurés depuis longtemps, où la texture originelle du sédiment est altérée et partiellement masquée par le développement de rhomboèdres de dolomite.

Enfin, des paléokarsts éocrétaqués (Berriasien moyen et Barrémo-Bédoulien) ont été mis en évidence dans le Jura central en suivant les données de James et Choquette [1988] se rapportant à l'altération météorique et la dissolution par les eaux de pluie de calcaires lagonaires déjà indurés et émergents, avec la formation de lapiez et de dolines (à remplissages constitués de marnes et/ou de brèches d'effondrement).

1.2. Micropaléontologie

1.2.1. Méthodes des lavages sur tamis

Ces méthodes de lavage s'appliquent aux sédiments meubles tels que les marnes et les argiles. Pour obtenir un matériel suffisamment abondant, il est recommandé de prélever au moins 2 kg de sédiment pour chaque échantillon. Dans le cadre de ce travail, plus de 1000 échantillons ont été traités, soit environ 5 tonnes de sédiments au total.

1.2.2. Méthode à la gazoline (benzine rectifiée)

Cette méthode est très efficace pour récolter des microfossiles à tests calcaires résistants qui présentent une certaine solidité et a été utilisée en priorité dans le cadre de ce travail pour traiter les sédiments marneux des dépôts laguno-lacustres et margino-littoraux étudiés.

Dans une première phase, il est nécessaire de faire sécher les sédiments qui ont été récoltés sur le terrain sous forme de fragments de moins de 10 cm et placés dans des sachets en plastique pour leur transport en laboratoire. Pour des sédiments très argileux, il est judicieux de vaporiser ou d'humidifier périodiquement les gros fragments afin d'accélérer le processus de dislocation.

Une fois bien secs, les sédiments sont immergés dans de la gazoline (benzine rectifiée) jusqu'à imprégnation totale. Puis après avoir récupéré le surplus de gazoline en vidant les récipients contenant le matériel à traiter, on remplit à nouveau ceux-ci avec de l'eau bouillante préalablement portée à ébullition (100°C).

Attention! La réaction de l'eau bouillante sur les sédiments imprégnés de gazoline est très violente (fort bouillonnement) et provoque leur désagrégation immédiate. Sous l'effet de la chaleur, la gazoline s'évapore instantanément et est brutalement remplacée par l'eau chaude. **C'est pourquoi, il faut absolument travailler sous une hotte aspirante et éviter de fumer dans le laboratoire vu le très grand danger d'explosion encouru.**

D'autre part, les récipients d'analyse doivent être modérément remplis de matériel à traiter et d'eau bouillante, à environ la moitié de leur contenance pour éviter tout risque de débordement. De plus, l'eau bouillante doit être ajoutée lentement et le mélange obtenu brassé de façon régulière pendant toute la durée de l'opération (environ 5 minutes).

Après avoir laissé reposer le contenu des récipients environ 24 heures, on peut procéder au lavage sur tamis des boues de décantation. A cet effet, on utilise 4 différents tamis superposés dont la taille des mailles correspond respectivement, du haut en bas de la colonne de lavage, à 2 mm, 1 mm, 0,5 mm et 0,25 mm.

Le lavage se fait à l'eau courante, de préférence sous une pomme d'arrosage, en imprimant un léger mouvement rotatif d'agitation aux tamis et en évitant de remplir ceux-ci à ras bords pour ne pas les détériorer en distendant les mailles des treillis par une surcharge trop importante.

Il est aussi conseillé de vérifier si les canalisations du laboratoire sont adaptées à l'évacuation d'une grande quantité de boues fines résiduelles afin d'éviter de les obstruer.

1.2.3. Méthode à l'eau oxygénée (peroxyde d'hydrogène ou H_2O_2)

Cette méthode de traitement est à utiliser de préférence à la précédente dans le cas des microfossiles délicats, tels que ceux de la molasse du Tertiaire ou des sédiments fins du Mésozoïque comme par exemple les dents de Mammifères ou les carapaces fragiles de certains Ostracodes. La préservation et l'intégrité des microfossiles ornements ou à structure complexe sont davantage respectées au cours de la réaction entre l'eau oxygénée et la matière organique du sédiment, qui est moins brutale et plus lente.

La préparation préliminaire des échantillons se fait comme pour la méthode à la gazoline. Une fois les sédiments bien secs, on plonge ceux-ci dans de l'eau bouillante préalablement portée à ébullition. Ainsi, en se réhydratant brusquement, le sédiment va achever de se morceler. On ajoute ensuite rapidement à ce mélange de l'eau oxygénée à 35% technique (ou à 110 volumes) dans une proportion moyenne d'environ 1 litre pour 5 kg de sédiments, ce qui va oxyder la matière organique et enlever toute cohésion aux argiles. Cependant, l'expérimentateur peut modifier cette quantité selon la teneur estimée en matière organique des sédiments à traiter. Pour des sédiments très compactés, très argileux ou pauvres en matière organique, il est toutefois inutile d'augmenter la quantité d'eau oxygénée et préférable de renouveler le traitement ci-dessus avec les résidus grossiers obtenus après élimination des boues fines par un premier lavage-tamissage.

Enfin, il est encore nécessaire d'ajouter immédiatement après l'eau oxygénée un peu de carbonate de soude (Na_2CO_3 , à raison d'une grande cuillerée pour 5 kg de sédiment) afin d'éviter toute corrosion des microfossiles calcaires par l'acidification du mélange due au dégagement de gaz carbonique (CO_2) faisant suite à l'oxydation de la matière organique par l'eau oxygénée.

Attention! La réaction de l'eau oxygénée avec la matière organique peut devenir violemment exothermique si celle-ci est abondante et il se dégage une grande quantité de gaz carbonique. **Il est donc vivement conseillé de travailler avec des lunettes (contre les projections d'eau oxygénée corrosive) et des gants de protection, sous une hotte aspirante ou avec une bonne aération**, et de ne pas trop remplir les bacs ou les récipients de traitement pour qu'ils ne débordent pas lors du fort bouillonnement causé par la réaction.

Après avoir laissé reposer le matériel à analyser 24 heures au moins, on peut procéder au lavage sur tamis des boues obtenues de la même façon que pour la méthode à la gazoline. On évitera toutefois les jets d'eau trop violents ou de triturer à la main le contenu des tamis pour accélérer le lavage, ce qui pourrait endommager ou briser les microfossiles fragiles. Seul

un léger brassage est nécessaire, mais il vaut souvent mieux recommencer le processus de traitement plutôt que de malaxer les boues à tamiser en prenant ainsi le risque de fragmenter les microfossiles qu'elles peuvent receler.

1.2.4. Méthode de désagrégation des roches calcaires par acétolyse

Cette méthode assez complexe a d'abord été développée par Bourdon [1957, 1962], puis affinée et simplifiée par Lethiers et Crasquin-Soleau [1988]. Le procédé de traitement donne de très bons résultats pour désagréger les roches calcaires plus ou moins fortement indurées en utilisant le phénomène de dilatation et d'éclatement induit par la vaporisation sous l'effet de la chaleur de l'acide acétique pur dans les pores des roches à défaire.

Toutefois, seule la variante la plus simple de cette méthode d'extraction des microfossiles [Bourdon, 1957] a été utilisée directement dans le cadre de ce travail pour traiter des calcaires marneux. A cet effet, il faut prévoir pour des quantités de 100 gr environ d'échantillons de roche calcaire parfaitement secs et morcellés en fragments aussi petits que possible :

- 1 litre d'acide acétique (CH_3COOH) anhydre de qualité technique, dit "pur cristallisable" à 95%.

- 50 gr de sulfate de cuivre (CuSO_4) anhydre de couleur blanche.

- 1 litre d'ammoniaque (NH_4OH).

En travaillant sous une hotte aspirante avec des lunettes et des gants de protection, on prépare le mélange de l'acide acétique avec le sulfate de cuivre anhydre auquel on peut alors ajouter immédiatement l'échantillon à traiter. Un léger brassage pendant quelques minutes permet de contenir le bouillonnement de la réaction qui s'ensuit, pendant laquelle le sulfate de cuivre anhydre absorbe l'eau résiduelle de l'acide acétique et du sédiment en évitant ainsi conjointement une corrosion des microfossiles calcaires.

Puis on laisse reposer ce mélange durant au moins 24 heures avant d'y ajouter l'ammoniaque pour neutraliser préventivement l'acidité qui apparaîtrait au cours de l'opération suivante, soit le lavage sur tamis qui se déroule selon les mêmes modalités que pour les méthodes à la gazoline ou à l'eau oxygénée.

1.3. Traitement des résidus de lavage et du matériel récolté

Après tamisage, les résidus de lavage contenant les microfossiles doivent ensuite être séchés à l'étuve à une température ne dépassant pas 80°C afin de ne pas "cuire" la fraction argileuse restante et de ne plus pouvoir traiter à nouveau les échantillons (pour améliorer si nécessaire le nettoyage des microfossiles). Un excellent séchage rapide peut également être obtenu

à l'air libre en étalant les résidus mouillés de lavage sur de vieux journaux usagés qui absorbent très bien l'eau.

Une fois secs, les résidus de lavage se répartissent en 4 catégories granulométriques :

- 1) 2 mm et plus (1^{er} tamis).

- 2) 1 à 2 mm (2^e tamis).

- 3) 0,5 à 1 mm (3^e tamis).

- 4) 0,25 à 0,5 mm (4^e tamis).

Chacune de ces catégories de résidus est ensuite triée grain par grain (!) sous la loupe binoculaire à des grossissements adaptés de 10x, 15x et 20x selon la granulométrie à examiner et jusqu'à 50x pour l'étude de détails particuliers sur les microfossiles (une très grande patience a été indispensable pour traiter ainsi au cours de ce travail plus de 50 kg de résidus divers!).

Ces 4 classes granulométriques de résidus de lavage peuvent contenir toutes sortes de microfossiles des milieux marins, laguno-lacustres ou terrestres, tels que Vertébrés (écailles, petits os, plaques dermiques et dents), Invertébrés (coquilles de Brachiopodes et de Mollusques : Gastéropodes et Lamellibranches; Echinodermes : radioles et plaques d'Echinides, articles de Crinoïdes, spicules d'Holothuries ; débris de carapaces de Crustacés ; carapaces d'Ostracodes ; colonies de Bryozoaires ; tests de Foraminifères ; spicules de Spongiaires) et Algues (thalles de Dasy-cladacées, thalles et fructifications de Charophytes). Parfois de rares mégaspores de Ptéridophytes sont également présentes. Enfin, des microminéraux bien cristallisés peuvent aussi être récoltés par ce moyen dans le Purbeckien du Jura : pyrites cubiques et octaédriques (milieu de dépôt anoxique), quartz authigènes bipyramidés ou pétaloïdes, sphérules de quartzine et pseudomorphoses calcitiques de gypse ou d'anhydrite (dépôts évaporitiques de sebkhas).

Chaque classe granulométrique doit être triée jusqu'à l'obtention d'une **constance de récolte** pour pouvoir répertorier la totalité des organismes présents dans chaque échantillon. Le terme de constance de récolte correspond à un stade du tri où l'on ne trouve plus d'espèce nouvelle de microfossiles dans l'échantillon étudié. Ce moment est atteint parfois après plusieurs heures de travail de tri astreignant (!), qui reste absolument indispensable au point de vue **qualitatif** pour obtenir un inventaire complet des organismes d'une grande importance paléoécologique et aussi **quantitatif** dans le cadre d'études de populations portant sur l'évolution ou le polymorphisme des Charophytes.

Après le tri, le matériel récolté est stocké dans des cellules plastiques (cellules E6K de la firme allemande Fema-Salzgitter, D-48066 Münster) et peut ensuite faire l'objet d'une sélection pour être étudié en détail ou photographié au microscope électronique à balayage (MEB). Dans ce dernier cas, les échantillons à figurer seront collés sur des plaquettes MEB spéciales en

aluminium à l'aide de parcelles de ruban adhésif double face pour photos, pour être ensuite métallisées (recouverts d'une fine couche d'or épaisse de 200 à 300 Å) et introduits dans le MEB pour la procédure habituelle d'étude [Wüest, 1995].

1.4. Réalisation de sections orientées

Les sections orientées permettent d'observer la structure interne des microfossiles selon des plans bien définis. Dans une première phase, il est nécessaire de fixer avec une colle spéciale fondant à la chaleur (à indice de réfraction approprié aux observations en microscopie optique) les microfossiles préalablement sélectionnés et isolés sur des lames de verre dépoli, dans différentes positions correspondant aux plans des coupes que l'on désire obtenir. Puis la surface des microfossiles à traiter est usée et polie lentement, à la main et sans trop appuyer, sur une plaque de verre avec des poudres abrasives de plus en plus fines (grain de 400 à 1000) à mesure que l'on se rapproche du résultat final souhaité. Des surfaces parfaitement lisses et planes doivent être obtenues.

L'opération suivante consiste à détacher les microfossiles à l'aide d'une plaque chauffante et à les retourner sur leur face plane, qui sera collée contre la lame de verre dépoli. Il faut éviter durant cette opération délicate la formation de bulles d'air résiduelles dans la colle entre les faces polies des microfossiles et la lame de verre. La seconde face à aplanir peut alors être progressivement amincie et polie de la même façon que la première, jusqu'à obtenir des sections fines laissant passer la lumière, à l'épaisseur désirée selon la finesse des détails à étudier.

Enfin, la lame de verre portant les sections orientées de microfossiles est traitée comme une lame-mince classique, c'est-à-dire recouverte avec une lamelle de verre et une colle à indice de réfraction spécifique (baume du Canada).

2. – COUPES DE RÉFÉRENCE (S.-E. DE LA FRANCE, SUISSE OCCIDENTALE, N.-E. DE L'ESPAGNE)

Au Jurassique-Crétacé, les aires étudiées étaient caractérisées par des plates-formes carbonatées et se situaient dans la zone tropicale de l'Hémisphère Nord, jusqu'à 30° de latitude [Lees et Buller, 1972].

2.1. Liste, commentaires, coordonnées et références sur les coupes et les profils (forages) du Sud-Est de la France et de Suisse occidentale (A : Bourgogne, Jura et Chaînes subalpines septentrionales ; B : Basse-Provence ; figures 2 et 3)

* : coupes, affleurements et profils (forages) inédits.

** : coupes et profils (forages) déjà connus dont le matériel paléontologique était inédit ou a été révisé.

*** : coupes simplement citées (non réétudiées), d'un intérêt biostratigraphique et paléogéographique particulier.

Chacun des sites étudiés est positionné d'après un point cartographique de référence, qui est indiqué selon les coordonnées de :

– la carte IGN de la France au 50.000^e (série orange épuisée et non rééditée depuis 1991, la série bleue au 25.000^e restant seule disponible). **NB** : le relevé des coordonnées Lambert disposées obliquement sur les cartes IGN implique une lecture prenant en compte l'intégralité des feuilles mentionnées. Sites reportés sur la figure 3.

– la carte nationale de la Suisse au 50.000^e (et accessoirement au 25.000^e). Sites reportés sur la figure 3.

La localisation exacte des coupes est indiquée sur le mémoire de soutenance de la thèse, conservé à l'Université Joseph Fourier de Grenoble (Grenoble I). Ces localisations peuvent également être demandées à l'auteur de ce travail.

Répertoire des sites de référence (1 à 57 ; fig. 2 et 3)

1. Carrière de Champlitte.
2. Carrière des Belles-Baraques.
3. Les Combottes.
4. Gorges de la Loue.
5. Chapelle de Vorbourg.
6. Hautes-Roches.
- Non numérotés. Carrières de Soleure et de Lommiswil (non reportées).
7. Riedli (Biel/Bienne).
8. Tüscherz.
9. Ruisseau du Bécuel (Le Landeron).
10. Carrière Juracime (Cornaux).
- 11a-b. Gorges du Seyon / Valangin.
12. Gor-du-Vauseyon (Neuchâtel).
13. La Sauge (gare de Chambrien).
14. Gorges de l'Areuse.
15. Forage de Bevaix.
16. Carrière de La Lance (Vaumarcus).
17. L'Auberson.
- 18a-b. Ravin du Colas (Ste-Croix).
19. Feurtilles (Baulmes).
20. Source de l'Ain.
- 21a-b. Le Maréchet.
22. Bonlieu.
23. St-Claude.
24. Lavans-les-St-Claude.
- 25a-b. Chapeau de Gendarme.
26. Crozet.
- 27'-27''. Forages L 132 et SPM 6 du LEP.
28. St-Germain-de-Joux
29. Thoirette.
30. Poizat.
31. Fort de l'Ecluse.
- 32a-b-c. Vuache nord.
33. Perte-du-Rhône (Bellegarde).
- 34a-b. Salève (Le Coin).
35. Carrière de Monnetier (Salève).
- 36'-36''. Pont-de-la-Dorche.

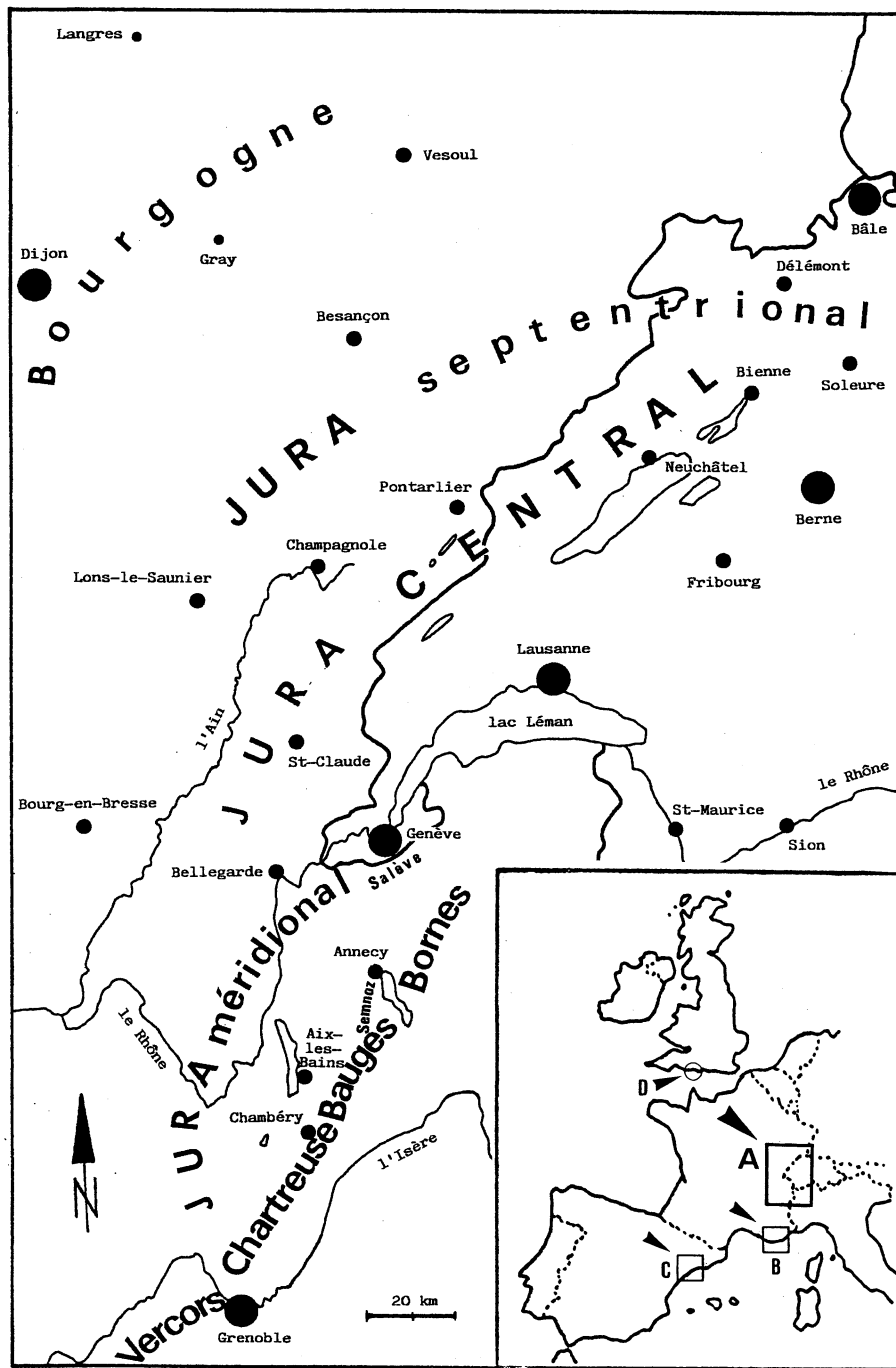


FIG. 2.– Plan de situation des aires géographiques comprises dans le cadre de cette étude (cartes générales). En cartouche : Europe occidentale. A, Bourgogne, Jura franco-suisse et Chaînes subalpines septentrionales (fig. 3) ; B, Basse-Provence (région de Toulon-Mt Faron, Département du Var) ; C, Nord-Est de l'Espagne (Maestrazgo) ; D, échantillonnage complémentaire dans le Purbeckien boréal du Sud de l'Angleterre (Durlston Bay, Dorset).

- 37a-b. Val de Fier ouest.
- 38. Val de Fier est.
- 39-40. Plateau d'Andey.
- 41. Molard de Vions.
- 42. La Chambotte.
- 43. Cluse de Bart.
- 44. Leschaux (Semnoz).
- 45. Yenne.
- 46. Bourdeau.
- 47. Col de l'Épine.

- 48. Tunnel de l'Épine.
- 49. Col du Banchet.
- 50. Cluse de Chailles.
- 51. La Pointière.
- 52. Berland.
- 53. Gorges du Guiers Vif.
- 54a-b-c. Pas du Frou – route de La Ruchère.
- 55. Carrière de La Buisse (non reportée).
- 56. Font-Renard – Pas de Montbrand (non reportée).
- 57. Buttes.

Bathonien inférieur-moyen (Bourgogne, Département de la Haute-Saône).

Site 1. Coupe Champlitte **. Grande carrière à la sortie NW de la localité de Champlitte, du côté gauche de la route D67 en direction de Langres. Coordonnées 838.050/2296.250, feuille IGN 3221 (Champlitte). Coupe étudiée par Girardin [1982] ainsi que par Médus et Mojon [1996].

Site 2. Coupe des Belles-Baraques **. Petite carrière en bordure droite de la route D9, à environ 10 km au SSE de la ville de Vesoul.

Coordonnées 895.525/2293.175, feuille IGN 3421 (Vesoul). Coupe étudiée par Girardin [1982] et citée dans Mojon [1989b].

Oxfordien moyen-supérieur (Jura septentrional, Département du Doubs et Canton du Jura).

Site 3. Coupe des Combottes **. Paroi rocheuse longeant le côté gauche de la voie ferrée reliant les localités de Gilley et de Longemaison.

Coordonnées 528.450/215.600, feuille 231 (Le Locle). Coupe étudiée par Oertli et Ziegler [1958] et Ziegler [1962], citée dans Mojon [1989b].

Site 5. Coupe de la Chapelle de Vorbourg **. Affleurements marno-calcaires en partie recouverts formant le talus de la route et du parc à voitures placé juste derrière la Chapelle de Vorbourg, en direction de la ville de Délémont.

Coordonnées 593.800/247.625, feuille 223 (Délémont), Coupe étudiée par Ziegler [1962], citée par Gysi et Persoz [1986] ainsi que par Enay [1988] et Mojon [1989b].

Kimméridgien (Jura septentrional et central, Départements du Doubs et de l'Ain, Cantons du Jura et de Soleure).

Site 6. Coupe des Hautes-Roches *. Paroi rocheuse longeant la route de montagne menant du hameau des Hautes-Roches au lieu-dit "Le Trondai". Cette zone fait partie de la commune de Vellerat rattachée à la République et Canton du Jura en 1996.

Coordonnées 595.100/239.550, feuille 223 (Délémont). Cette coupe est citée dans Gysi et Persoz [1986], mais n'a encore jamais été levée en détail dans son intégralité. La portion de coupe étudiée par Mojon et Mouchet [1992] marque une série de discontinuités émerives d'âge kimméridgien basal.

Sites non numérotés. Carrières de Soleure et de Lommiswil ** (non reportées et non positionnées). Série de discontinuités émerives avec traces de Dinosaures marquant le passage Kimméridgien inférieur-supérieur et placées juste sous les fameux

"Calcaires à Tortues" d'âge kimméridgien supérieur, qui constituent la partie supérieure de la Formation de Reuchenette. Attribution chronostratigraphique d'après Thalmann [1966] et Gysi et Persoz [1986], étude paléontologique d'après Meyer [1989, 1990]. Les gyrogonites de Porocharacées (Charophytes) citées dans Mojon et Mouchet [1992] font partie du matériel récolté par Thalmann dans le cadre de sa thèse, qui a été obligeamment transmis par H.J. Oertli (Bizanos).

Site 4. Coupe des Gorges de la Loue ***. Paroi rocheuse bordant la route D67 menant de Pontarlier à Ornans par les Gorges de la Loue, du côté droit de la route juste avant le virage et les escarpements des Gorges de Nouailles.

Coordonnées 901.150-/2232.650, feuille IGN 3424 (Ornans). Coupe étudiée par Chevallier [1987, 1989]. L'étude des discontinuités émerives de cette coupe a été précisée par Mojon [1989b] et Mouchet [1998], celles-ci marquant comme dans le Jura suisse (Soleure) le passage Kimméridgien inférieur-supérieur.

Site 28. Coupe de St-Germain-de-Joux **. Partie sommitale de la falaise constituant le récif corallien fossile et longeant le côté droit de la Semine à environ 4,5 km de la localité de St-Germain-de-Joux, 1,5 km environ au sud du lieu-dit "Le Moulin Neuf". La discontinuité émerive présente ici est d'âge kimméridgien supérieur et marque le passage Kimméridgien-Portlandien.

Coordonnées 863.550/2141.100, feuille IGN 3229 (Nantua). Coupe étudiée et décrite par Davaud [1985], Mojon [1989b] et Strohmenger *et al.* [1991].

"Portlandien" (Tithonien), (Jura central et méridional, Canton de Neuchâtel, Départements de la Haute-Savoie et de l'Ain)

Site 11a. Coupe des Gorges du Seyon *. Falaise rocheuse longeant la route menant de Neuchâtel à Valangin, à proximité de cette dernière localité juste avant le pont franchissant le Seyon. Les discontinuités émerives présentes ici sont d'âge portlandien (tithonien) inférieur et marquent le passage Kimméridgien- "Portlandien".

Coordonnées 559.150/206.500, feuille 232 (Vallon de St-Imier). Coupe étudiée et décrite par L. von Buch [1803] et Frei [1925]. L'étude des discontinuités émerives de cette coupe a été précisée par Mojon et Blanc [1998].

Site 15. Forage de Bevaix **. Forage entre la route et la voie ferrée à la sortie sud du village de Bevaix, près de la rive nord du lac de Neuchâtel.

Coordonnées 551.850/196.650, feuille 242 (Avenches). La discontinuité émerive à gyrogonites de Porocharacées (Charophytes) signalée ici par Persoz et Remane [1973] est également attribuée au Portlandien inférieur et marque donc aussi le passage Kimméridgien-Portlandien.

Site 32a. Coupe du Vuache nord **. Paroi rocheuse le long de la route D908a entre les villages de Chevrier et d'Arcine, juste après le Défilé de l'Écluse du côté gauche de la route.

Coordonnées 874.950/2130.350, feuille IGN 3329 (St-Julien-en-Genevois). Faciès émergifs laguno-lacustres, marneux et dolomités, à gyrogonites de Porocharacées (Charophytes) dans la partie supérieure du Portlandien [Mojon *in* Blondel, 1990].

Site 34a. Coupe du Salève (Le Coin) **. Coupe le long du sentier de Chafardon (Chavardon) dans la partie basse de la paroi rocheuse au-dessous de la Grotte de la Mule.

Coordonnées 895.875/2133.300, feuille IGN 3429 (Annemasse), voir aussi la carte à 1/20 000 du Salève éditée par le Club alpin suisse (section genevoise). Coupe étudiée par Strasser [1988a] et Mojon [1988a].

Site 43. Coupe de la Cluse de Bart ***. Affleurements rocheux au bord du canal de dérivation du Rhône environ 4 km en amont de la ville de Belley, sur la rive droite du canal.

Coordonnées 865.550/2090.550, feuille IGN 3231 (Belley). Coupe étudiée par Chevallier et Strasser [1985].

Faciès purbeckiens, Berriasien inférieur-moyen (Jura central et méridional ; Cantons de Berne, de Neuchâtel et de Vaud ; Départements du Doubs, du Jura, de l'Ain, de la Haute-Savoie, de la Savoie et de l'Isère)

Site 7. Coupe de Riedli (Bienne) **. Paroi rocheuse longeant le côté gauche de la route N5 à l'entrée ouest de la ville de Biel/Bienne, au lieu-dit "Riedli".

Coordonnées 584.000/220.400, feuille 232 (Vallon de St-Imier). Coupe étudiée par Häfeli [1966], Mojon et Strasser [1987], Mojon *in* Bandel [1991] ainsi que par Blanc et Mojon [1996], citée dans Détraz et Mojon [1989] et Mojon [1989a].

Site 8. Coupe de Tüscherz **. Paroi rocheuse longeant le côté gauche de la route N5, environ 3 km à l'ouest de l'entrée de Biel/Bienne (Riedli).

Coordonnées 581.650/218.250, feuille 232 (Vallon de St-Imier). Coupe étudiée par Häfeli [1966] et citée dans Mojon [1989a].

Site 10. Coupe de la carrière Juracime *. Grande carrière à ciment située au-dessus du village de Cornaux. Coordonnées 567.250/210.000, feuille 232 (Vallon de St-Imier). Coupe complète depuis la partie supérieure du "Portlandien" (fin du Jurassique) jusqu'au Calcaire roux limoniteux (Valanginien supérieur, Crétacé basal). Citée pour les faciès purbeckiens dans Détraz et Mojon [1989] et Médus et Mojon [1991]. L'Unité Inférieure Oolithique (U. I. O.) et le Marbre

bâtard (Berriasien moyen) ainsi que l'Unité Supérieure Gréseuse (U. S. G.; Berriasien supérieur) et le Calcaire roux limoniteux du Valanginien ont été étudiés par Steinhäuser et Charollais [1971], Adatte [1988] et Blanc [1996]. Les faciès purbeckiens encore inédits font l'objet de la présente étude.

Site 11b. Coupe de Valangin **. Portion de coupe comprenant la base marno-calcaire de l'Unité Inférieure Oolithique (Berriasien moyen) à tendance émergitive, à la sortie de la localité de Valangin, après la paroi rocheuse du virage de la route secondaire montante menant à Neuchâtel par Pierrabot et juste au-dessus des fortifications bordant cette route.

Coordonnées 559.400/206.950, feuille 232 (Vallon de St-Imier). Les coupes du syntype de Valangin sont célèbres et permettent de caractériser le Berriasien moyen (U. I. O. et Marbre bâtard) et supérieur (U. S. G.) ainsi que le Valanginien (Calcaire roux et Marnes à *Astieria*) et une partie de l'Hauterivien du Jura suisse occidental. Ces coupes complémentaires situées sur chacune des rives du Seyon ont été étudiées en partie ou en totalité par Baumberger et Moulin [1898], Häfeli [1966], Millioud [1967], Steinhäuser et Charollais [1971], Remane *et al.* [1989], Mojon *in* Blanc [1996].

Site 13. Coupe de la Sauge *. Affleurement marno-calcaire actuellement recouvert dans le talus de la voie ferrée peu après la sortie de la gare de Chambrien en direction de La Chaux-de-Fonds.

Coordonnées 552.550/202.450, feuille 242 (Avenches). Coupe étudiée par Carozzi [1948]. Le matériel micropaléontologique inédit collecté par Ch. Häfeli et H.J. Oertli en 1965, obligeamment transmis par ce dernier, est inventorié dans l'Annexe de ce volume.

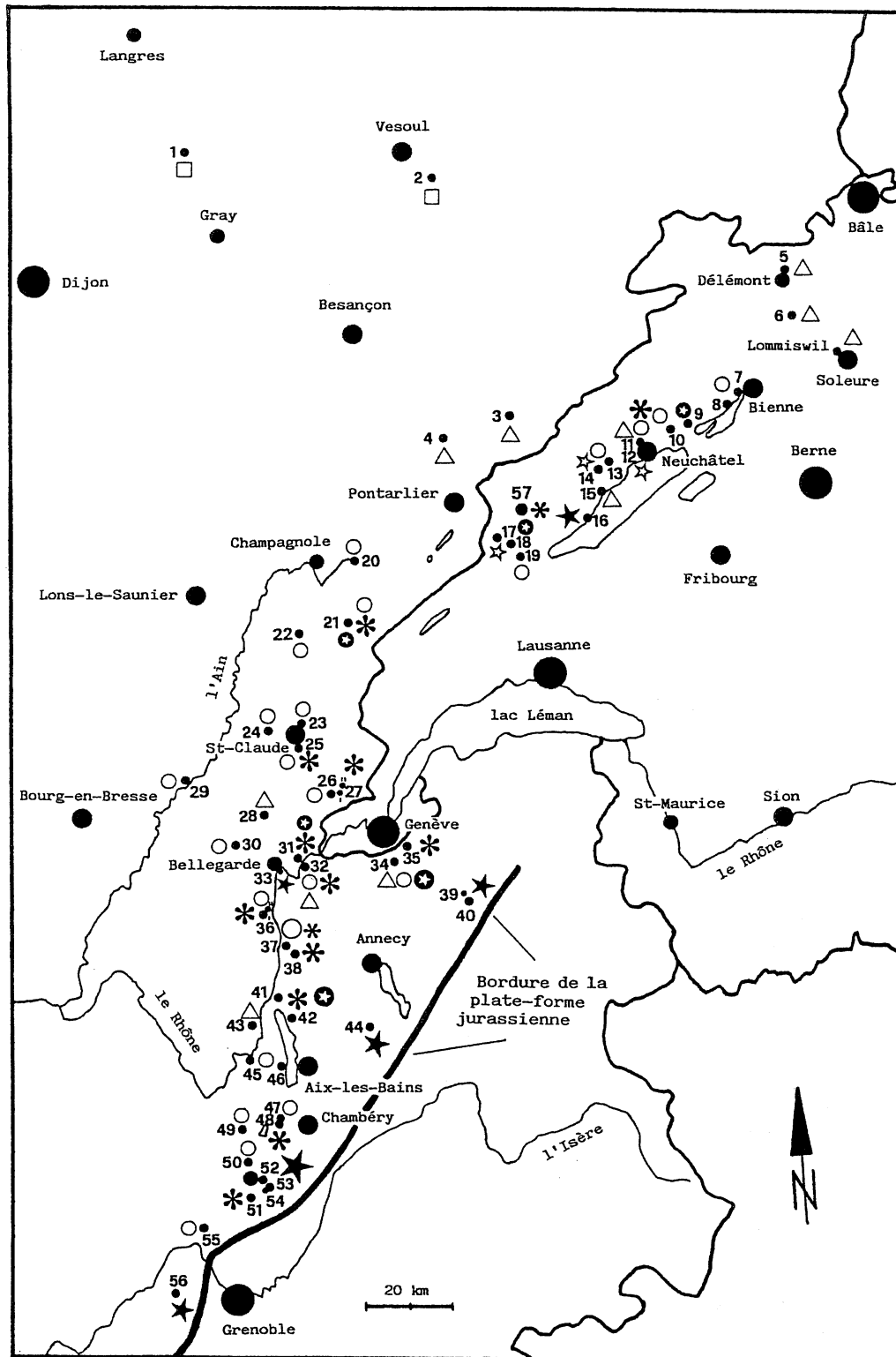
Site 19. Coupe de Feurtilles **. Affleurements marno-calcaires actuellement recouverts bordant le début du chemin forestier du Bois de Pipechat près du lieu-dit "La Clé", situé à environ 1 km en face de la localité de Baulmes.

Coordonnées 530.475/181.700, feuille 251 (La Sarraz). Coupe fameuse étudiée par Maillard [1884a, 1884b], Schardt [1883], Carozzi [1948], Bartenstein et Burri [1954], Burri [1956], Maync [1958]. Le matériel micropaléontologique inédit de Schardt et de Maync obligeamment transmis par J.P. Berger (Fribourg), ainsi que par H.J. Oertli (Bizanos), est inventorié dans l'Annexe de ce volume.

Site 20. Coupe de la Source de l'Ain *. Petite falaise marno-calcaire de la partie sommitale du Purbeckien en bordure de la route forestière menant à la Source de l'Ain.

Coordonnées 491.350/179.425, feuille 250 (Vallée de Joux).

Site 21a. Coupe du Maréchet *. Affleurements marno-calcaires en partie recouverts formant le talus du côté



- Bathonien (Dogger)
- △ Oxfordien - Kimméridgien - "Portlandien" (Malm)
- ○ Faciès purbeckiens (Berriasien inférieur-moyen)
- * * * Faciès wealdiens p. p. (Berriasien supérieur)
- ⊙ Marnés d'Arzier (Valanginien inférieur)
- ⊙ Membre du Guiers
- ☆ Marnes à Bryozoaires ou à *Astieria* (Valanginien supérieur)
- *** Faciès urgoniens (Barrémien supérieur - Aptien inférieur/Bédoulien)

FIG. 3.- Bourgogne, Jura franco-suisse et Chaînes subalpines septentrionales : localisation géographique des coupes et des profils (forages) de référence étudiés ou cités dans le cadre de ce travail.

droit de la route menant du village de Foncine-le-Bas au hameau du Maréchet, environ 2 km après la sortie de cette dernière localité et 200 m avant les coupes remarquables (paroi et talus rocheux bordant la route) du Berriasien moyen-supérieur et du Valanginien.

Coordonnées 491.400/164.800, feuille 250 (Vallée de Joux).

Site 22. Coupe de Bonlieu *. Affleurements marno-calcaires actuellement en partie recouverts formant le talus de la route N78 à l'entrée du village de Bonlieu.

Coordonnées 869.700/2184.025, feuille IGN 3327 (Morez). Coupe citée dans Médus et Mojon [1991].

Site 23. Coupe de St-Claude *. Talus rocheux et marno-calcaire de la route D69 menant de la ville de St-Claude au village de Cinquétral, environ 3 km avant ce dernier.

Coordonnées 872.300/2164.150, feuille IGN 3328 (St-Claude). Coupe citée dans Détraz et Mojon [1989] et Médus et Mojon [1991].

Site 24. Coupe de Lavans-les-St-Claude *. Petite falaise formant une très belle coupe sur plus de 500 mètres au bord de la route D470 à la sortie ouest de la localité de Lavans-les-St-Claude.

Coordonnées 864.350/2159.700, feuille IGN 3328 (St-Claude). Coupe citée dans Détraz et Mojon [1989] et Mojon [1989a], présentée par Mojon *in* Bandel [1991].

Site 25a. Coupe du Chapeau de Gendarme **. Affleurements marno-calcaires formant une coupe partielle et incomplète dans le talus de la route D436 à environ 6 km de l'entrée SW de la ville de St-Claude, le début de la coupe étant placé à peu près juste au-dessous du fameux pli anticlinal nommé "Chapeau de Gendarme".

Coordonnées 874.600/2157.100, feuille IGN 3328 (St-Claude). Coupe étudiée par Donze [1958].

Site 26. Coupe du Crozet *. Paroi rocheuse et marno-calcaire bordant la route forestière longeant le flanc de la Haute-Chaîne du Jura, la coupe étant située à mi-pente à la cote 860 m, à l'WSW du village du Crozet et à l'est des plus hauts sommets du Jura (Grand-Crêt: 1702 m ; Crêt-de-la-Neige : 1717,6 m ; Le Reculet : 1717,4 m).

Coordonnées 487.750/125.700, feuille 270 (Genève). Coupe citée dans Détraz et Mojon [1989] et Médus et Mojon [1991].

Site 29. Coupe de Thoirrette *. Paroi rocheuse le long de la route D109 à 2 km environ après la sortie NNE du village de Thoirrette. Coordonnées 847.600/2147.250, feuille IGN 3228 (Moirans-en-Montagne).

Site 30. Coupe du Poizat **. Paroi rocheuse et marno-calcaire bordant la route D55 à 500 mètres environ

après la sortie est du village du Poizat. Coordonnées 858.900/2132.350, feuille IGN 3229 (Nantua). Coupe étudiée par Donze et Grekoff [1953] et Donze [1958], citée dans Détraz et Mojon [1989].

Site 32b. Coupe du Vuache nord ***. Affleurements marno-calcaires en partie recouverts le long de la route D908a entre les villages de Chevrier et d'Arcine, juste après le Défilé de l'Écluse du côté gauche de la route et formant une combe entre les faciès calcaires beaucoup plus massifs du "Portlandien" et du Marbre bâtard (= Formation de Pierre-Châtel, Berriasien moyen). Ces affleurements marno-calcaires succèdent à ceux du sommet du Portlandien le long de la route D908a (site 32a), feuille IGN 3329 (St-Julien-en-Genevois). Coupe étudiée par Blondel et données micropaléontologiques d'après Mojon *in* Blondel *et al.* [1986] et Blondel [1990].

Site 34b. Coupe du Salève (Le Coin) **. Coupe le long du sentier de Chafardon (Chavardon) dans la partie haute de la paroi rocheuse au-dessus de la Grotte de la Mule. Coordonnées 895.900/2133.300, feuille IGN 3429 (Annemasse), voir aussi la carte au 20.000^e du Salève éditée par le Club alpin suisse (section genevoise). Coupe étudiée par Strasser [1988a] et Mojon [1988a].

Site 36". Coupe de la Dorche *. Affleurements marno-calcaires au fond des Gorges de la Dorche et situés sous le Pont-de-la-Dorche (coupe de référence des faciès wealdiens d'âge berriasien supérieur, = Formation de Vions), feuille IGN 3330 (Seyssel). Matériel micropaléontologique de référence collecté et obligeamment transmis par A. Strasser (Fribourg), publié dans Mojon [1989a].

Site 37a. Coupe du Val de Fier ouest **. Grande carrière au bord de la route D14 longeant les Gorges du Fier et à environ 1,5 km de l'entrée de celles-ci marquée par la bifurcation entre les routes D14 et D991.

Coordonnées 873.000/2109.900, feuille IGN 3330 (Seyssel). Coupe étudiée par Donze [1958, 1973a].

Site 45. Coupe de Yenne *. Falaise rocheuse bordant la route N504 et le Rhône à environ 1 km après la sortie ouest de la localité de Yenne.

Coordonnées 865.300/2084.100, feuille IGN 3232 (La Tour-du-Pin).

Site 46. Coupe du Bourdeau *. Paroi rocheuse longeant la route D914 au-dessus de la localité du Bourdeau placée au bord du lac du Bourget et à environ 1,5 km de la bifurcation entre les routes D914 et N504, avant une série de virages très marqués.

Coordonnées 873.800/2082.350, feuille IGN 3332 (Chambéry).

Site 47. Coupe du Col de l'Épine **. Talus rocheux de la route D916 menant de la ville de Chambéry (à partir de la Motte-Servolex) au Col de l'Épine, à environ 400 m avant la ligne de crête marquant le passage du Col de l'Épine.

Coordonnées 872.250/2070.800, feuille IGN 3332 (Chambéry). Coupe étudiée par Donze [1958].

Site 49. Coupe du Col du Banchet **. Petite falaise bordant la route D36 entre le village d'Ayn et celui de Verel-de-Montbel.

Coordonnées 865.000/2068.550, feuille IGN 3232 (La Tour-du-Pin). Coupe étudiée par Donze [1958].

Site 50. Coupe de la Cluse de Chailles **. Falaise bordant les Gorges de Chailles sur le Guiers ainsi que la route N6 entre le village de St-Béron et le hameau de Chailles, à 800 mètres environ avant ce dernier.

Coordonnées 865.300/2058.800, feuille IGN 3233 (Voiron). Coupe célèbre étudiée par Maillard [1885a, 1885b] et Donze [1958, 1973a].

Site 55. Coupe de la Buisse *** (non reportée et non positionnée). Carrière Balthazar de très grandes dimensions sur la rive droite de la Cluse de l'Isère près du village de La Buisse, à 15 km environ au NNW de la ville de Grenoble. Coupe étudiée par Remane [1958], Détraz et Steinhauser [1988] et Détraz [1989].

Faciès wealdiens, Berriasien supérieur (Jura central et méridional, Chartreuse occidentale ; Canton de Neuchâtel, Départements du Jura, de l'Ain, de la Haute-Savoie, de la Savoie et de l'Isère)

Site 57. Coupe de Buttes ** (chap. 3, fig. 46B). Affleurements marno-calcaires bordant le chemin forestier reliant la Prise Cosandier au Vallon de Noirvaux. Coordonnées 531.100/191.900, feuille 241 (Val de Travers). Coupe étudiée par Mojon *in* Blanc [1996].

Site 21b. Coupe du Maréchet **. Paroi rocheuse et marno-calcaire bordant le côté droit de la route D437 entre le village de Foncine-le-Bas et le hameau du Maréchet, 300 m environ avant ce dernier. Coordonnées 491.350/164.600, feuille 250 (Vallée de Joux). Coupe étudiée par Guillaume [1966], Adatte [1988] et Mojon *in* Blanc [1996].

Site 25b. Coupe du Chapeau de Gendarme **. Paroi rocheuse bordant la route D436, 2 km environ après le village de Septmoncel en direction de St-Claude et 6 km environ avant l'entrée SW de cette dernière localité. Coordonnées 874.600/2157.000, feuille IGN 3328 (St-Claude). Coupe étudiée par Mouty [1966] et Waehry [1988].

Sites 27'-27''. Forages du LEP (Large Electron Project du CERN) *. Forages inédits du pied du Jura aux

environs du village du Crozet, réalisés dans le cadre de la construction d'un nouveau cyclotron (accélérateur de particules) pour le CERN.

Coordonnées 489.600/125.950 (forage L 132, site 27') et 490.750/128.100 (forage SPM 6, site 27''), feuille 270 (Genève). Le matériel micropaléontologique inédit provenant de ces forages est inventorié dans l'Annexe de ce volume.

Site 31a. Coupe du Fort de l'Écluse **. Affleurements rocheux et marno-calcaires bordant la route D984 environ 300 mètres avant l'entrée du tunnel du Fort de l'Écluse, sur la rive droite du Rhône.

Coordonnées 875.100/2131.000, feuille IGN 3329 (St-Julien-en-Genevois). Coupe étudiée par Mouty [1966] ainsi que par Charollais *et al.* [1981].

Site 32c. Coupe du Vuache nord **. Talus rocheux et marno-calcaire bordant la route D908a au niveau du Défilé de l'Écluse entre les villages de Chevrier et d'Arcine, sur la rive gauche du Rhône.

Coordonnées 875.050/2130.350, feuille IGN 3329 (St-Julien-en-Genevois). Coupe étudiée dans Blondel *et al.* [1986, 1989] et Blondel [1990].

Site 35. Coupe de la carrière de Monnetier **. Grande carrière étagée sur trois niveaux successifs, située dans la partie haute du Salève environ 300 mètres à l'ouest et au-dessus du village de Monnetier-Mornex, près du Chalet-de-la-Croix (Pas de l'Échelle).

Coordonnées 898.350/2136.200, feuille IGN 3429 (Annemasse). Coupe célèbre étudiée par Joukowski et Favre [1913], ainsi que Zaninetti *et al.* [1988] et Deville [1990].

Site 36'. Coupe du Pont-de-la-Dorche **. Affleurements marno-calcaires actuellement en majeure partie recouverts formant le talus à droite de la route D991, juste après le pont franchissant les Gorges de la Dorche en direction du hameau d'Orbagnoux.

Coordonnées 867.150/2116.450, feuille IGN 3330 (Seyssel). Coupe étudiée par Mouty [1966], Donze [1969], Taugourdeau-Lantz et Donze [1971], citée dans Détraz et Mojon [1989] et Mojon [1989a].

Site 37b. Coupe du Val de Fier ouest **. Alternances marno-calcaires constituant de remarquables plis disharmoniques au sein de la falaise rocheuse au bord de la route D14 longeant les Gorges du Fier, sur le côté droit de la route en direction de l'entrée des Gorges (jonction des routes D14 et D991 vers Seyssel) environ 100 m après la grande carrière dans les dépôts purbeckiens.

Coordonnées 872.900/2109.800, feuille IGN 3330 (Seyssel). Coupe étudiée par Donze [1958, 1973a], Darsac [1983] et Waehry [1988].

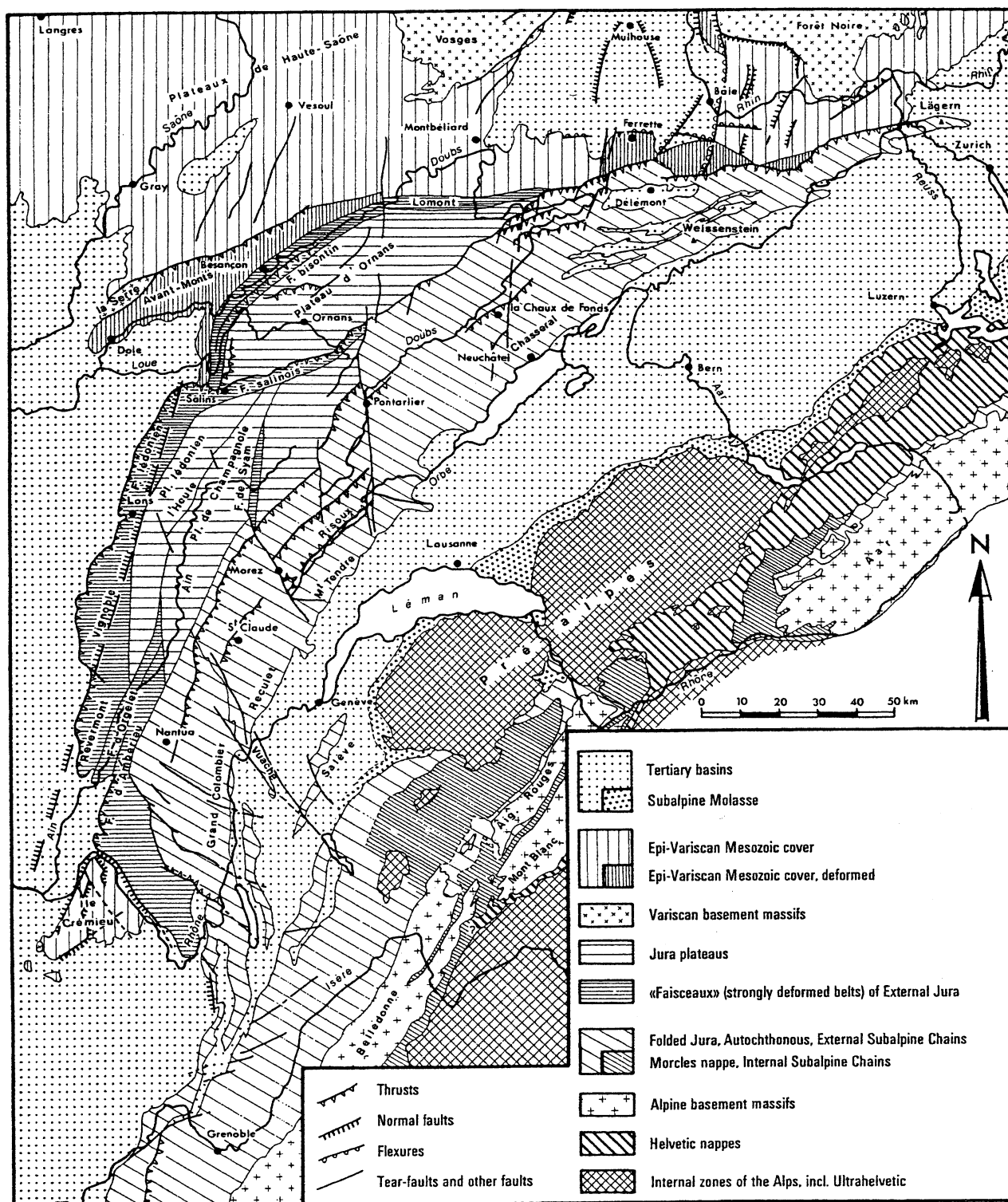


FIG. 4.— Schéma géologique du Jura franco-suisse et de ses pourtours, d'après Trümpy [1980].

Site 38. Coupe du Val de Fier est **. Petite carrière sur la rive gauche du Fier, située environ 300 m à l'ouest du village de St-André (rive droite du Fier).

Coordonnées 875.450/2109.500, feuille IGN 3330 (Seyssel). Coupe étudiée par Darsac [1983].

Site 41. Coupe du Molard de Vions **. Paroi rocheuse sur le flanc nord du Molard de Vions au bord d'une petite route secondaire, environ 200 mètres avant le hameau du Mollard Dessus.

Coordonnées 869.525/2098.700, feuille IGN 3331 (Rumilly). Coupe étudiée par Steinhauser [1969].

Donze [1973a], Steinhauser *et al.* [1986] et Détraz [1989], citée dans Détraz et Mojon [1989], Mojon [1989a] et Médus et Mojon [1991].

Site 42. Coupe de la Chambotte **. Paroi rocheuse du côté gauche de la route D991b entre les villages de Chindrieux et de St-Germain-la-Chambotte, environ 1,5 km avant cette dernière localité.

Coordonnées 874.400/2093.350, feuille IGN 3331 (Rumilly). Coupe étudiée par Steinhauser [1969], Darsac [1983] et Mojon *in* Blanc [1996].

Site 48. Coupe du tunnel de l'Épine ***. Couches marneuses et ligniteuses actuellement bétonnées à l'intérieur du tunnel de l'Épine (autoroute A43), signalées et échantillonnées par N. Steinhauser dans le cadre de sa thèse.

Coordonnées 872.500/2070.275, feuille IGN 3332 (Chambéry). Coupe étudiée par Steinhauser [1969], matériel micropaléontologique inédit obligeamment transmis par ce dernier auteur et inventorié dans l'Annexe de ce volume.

Site 51. Coupe de La Pointière **. Falaise rocheuse et marno-calcaire (vire) bordant le côté droit de la route forestière montant depuis la ville de St-Laurent-du-Pont au Pas-du-Perthuis (lieu-dit « Le Désert »), à environ 1,5 km à l'est de St-Laurent-du-Pont.

Coordonnées 868.600/2049.250, feuilles IGN 3333 (Montmélian) et 3233 (Voiron). Coupe étudiée par Santos-Narvaez [1980], Mojon *in* Détraz [1989] et Blanc [1996], citée dans Détraz et Mojon [1989], Mojon [1989a] et Médus et Mojon [1991].

Marnes d'Arzier, Valanginien inférieur (Jura central, Cantons de Neuchâtel et de Vaud, Départements du Jura et de l'Ain)

Site 9. Coupe du Bécuel **. Petite falaise bordant le lit du ruisseau "Le Bécuel" entre les lieux-dits "Montheys" et "La Scie", au nord de la localité du Landeron.

Coordonnées 571.400/212.400, feuille 232 (Vallon de St-Imier). Coupe étudiée par Bartenstein et Burri [1954], Burri [1956], Oertli [1966], Adatte [1988] et Mojon *in* Blanc [1996].

Site 18a. Coupe du Colas **. Affleurements rocheux et marno-calcaires sur la rive gauche de la rivière Arnon à environ 1,5 km au SE de la ville de Ste-Croix en direction des Gorges de Covatanne, la coupe se trouve dans le ravin bordant le large virage de la voie ferrée Yverdon-Ste-Croix juste avant cette dernière localité. Les Marnes d'Arzier A sont en partie recouvertes, alors que les Marnes d'Arzier B sont bien dégagées.

Coordonnées 529.150/184.825, feuille 241 (Val de Travers). Coupe étudiée par Adatte et Rumley [1984], Adatte [1988], Remane *et al.* [1989] et Mojon *in* Blanc [1996].

Site 21c. Coupe du Maréchet **. Talus marno-calcaire puis rocheux (dépôts du Valanginien) bordant la route D437 entre le village de Foncine-le-Bas et le hameau du Maréchet, du côté droit de la route au niveau de la coupe principale du Berriasien supérieur – Valanginien basal, puis du côté gauche environ 300 m avant le Maréchet.

Coordonnées 491.400/164.550 et 491.350/164.450, feuille 250 (Vallée de Joux). Coupe étudiée par Guillaume [1966], Adatte [1988] et Blanc [1996].

Site 31b. Coupe du Fort de l'Écluse ***. Affleurements marneux actuellement recouverts au bord de la route D984, environ 150 m à l'est de la coupe principale du Berriasien supérieur.

Coordonnées 875.250/2131.000, feuille IGN 3329 (St-Julien-en-Genevois). Coupe étudiée par Mouty [1966] ainsi que Charollais *et al.* [1981], citée dans Septfontaine [1971].

Marnes à *Astieria* ou à *Bryozoaires*, Valanginien supérieur (Jura central, Cantons de Neuchâtel et de Vaud ; Département du Doubs : coupe "historique" de Villers-le-Lac)

Site 12. Coupe du Gor-du-Vauseyon **. Affleurement marneux au sommet du Calcaire roux limoniteux à pisolithes et à rides de courant, au lieu-dit "Vauseyon" dans la banlieue ouest de la ville de Neuchâtel, environ 100 m avant l'entrée du tunnel de dérivation du Seyon et à proximité du site historique de la "Maison du Prussien". Ce gisement mis à jour grâce aux travaux de la route N5 en 1989-1990 est actuellement bétonné et recouvert. Coordonnées 559.850/204.425, feuille 242 (Avenches). Coupe étudiée par Schardt [1908] ainsi que par Remane *et al.* [1989].

Site 14. Coupe des Gorges de l'Areuse **. Vire marneuse actuellement recouverte dans les affleurements rocheux bordant la voie ferrée reliant Neuchâtel à Pontarlier, au lieu-dit "La Combe-aux-Epines" à proximité est du hameau de Champ-du-Moulin et à environ 10 km à l'ouest de la ville de Neuchâtel, 500 m à l'ouest du point 832 m (ruines du Château de Rochefort).

Coordonnées 550.815/201.800, feuille 242 (Avenches). Coupe étudiée par Burri [1956] et Oertli [1966].

Site 17. Coupe de l'Auberson **. Affleurement marneux actuellement recouvert à côté d'une ferme isolée bordant un chemin secondaire, à environ 200 m au sud de la route principale à l'entrée ouest du village de l'Auberson.

Coordonnées 526.340/185.785, feuille 241 (Val de Travers). Portion de coupe étudiée par Oertli [1966].

Site 18b. Coupe du Colas **. Affleurement marno-calcaire sur la rive gauche de la rivière Arnon à environ 1,5 km au SE de la ville de Ste-Croix en direction des

Gorges de Covatanne, la coupe se trouve dans le ravin bordant le large virage de la voie ferrée Yverdon–Ste-Croix juste avant cette dernière localité. Les Marnes à Bryozoaires sont bien dégagées et placées une dizaine de mètres en amont des Marnes d'Arzier B, après une petite barre massive de Calcaire roux à rides de courant. Au-dessus, les importantes alternances marno-calcaires des Calcaires roux marneux marquant le passage à l'Hauterivien sont en grande partie recouvertes par la végétation et ont été échantillonnées en 1994 par P.O. Mojon notamment grâce à des sondages superficiels complémentaires.

Coordonnées 529.125/184.825, feuille 241 (Val de Travers). Coupe étudiée par Remane *et al.* [1989] ainsi que par Mojon *in* Blanc [1996].

Faciès urgoniens, intervalle Hauterivien supérieur – Aptien inférieur (Jura central et méridional, Chaînes subalpines septentrionales ; Canton de Vaud ; Départements de la Haute-Savoie, de la Savoie et de l'Isère)

Site 16. Coupe de La Lance **. Remplissages marneux (marnes verdâtres siliciclastiques à Orbitolines) de poches karstiques dans les calcaires massifs urgoniens de l'ancienne carrière romaine et de la paroi rocheuse bordant à droite la voie ferrée Neuchâtel – Yverdon entre les lieux-dits “La Raisse” et “La Lance”, près de Vaumarcus (rive nord du lac de Neuchâtel).

Coordonnées 547.350/190.450, feuille 241 (Val de Travers). Coupe étudiée par Charollais *et al.* [1994] et Blanc-Alétru [1995].

Site 33. Coupe de la Perte-du-Rhône **. Affleurement de calcaire lacustre (banc de 40 cm) de la célèbre coupe de la Perte-du-Rhône (calcaires urgoniens, Aptien-Albien marno-calcaire et grés-glaucieux) située en face de la ville de Bellegarde sur la rive gauche du Rhône et actuellement ennoyée sous la retenue d'eau du barrage de Génissiat.

Coordonnées 869.800/2128.650, feuille IGN 3329 (St-Julien-en-Genevois). Coupe étudiée par Jayet [1926] et banc de calcaire lacustre signalé par Conrad [1969].

Site 44. Coupe de Leschaux (montagne du Semnoz) **. Affleurement de calcaire lacustre et de grès silteux blancs azoïques à galets noirs du côté droit de la route D110 montant du hameau de Leschaux au Crêt de Châtillon (1699 m), à mi-chemin entre les 2^e et 3^e virages très serrés de la route.

Coordonnées 893.900/2092.250, feuilles IGN 3331 (Rumilly) et 3431 (Annecy-Ugine). Coupe étudiée par Conrad [1969] et citée dans Mojon et Médus [1990].

Sites 39 et 40. Coupes du Plateau d'Andey **. Affleurements de calcaires lacustres du massif des Bornes. L'un (site 39) au bord de la route secondaire reliant le hameau de Haut-Rumilly à celui de Delairaz,

à 1,2 km environ de ce dernier. L'autre (site 40, affleurement principal) dans la falaise rocheuse bordant la route D12 entre le hameau de Haut-Rumilly et le village du Petit-Bornand-les-Glières, à environ 4 km de cette localité et à la sortie des Gorges d'Eveaux.

Coordonnées 912.800/2124.150 (site 39) et 913.700/2122.650 (site 40), feuille IGN 3430 (Annecy-Bonneville). Coupe étudiée par Charollais *et al.* [1981], Mojon *in* Blondel *et al.* [1986] ainsi que par Arnaud et Arnaud-Vanneau [1991], citée dans Mojon et Médus [1990].

Site 52. Coupe de Berland **. Paroi rocheuse et marno-calcaire le long de la route D520c montant du village de St-Christophe-sur-Guiers au hameau de Berland, dans la partie supérieure de la forte déclivité et avant le virage très serré débouchant sur le replat supportant le hameau de Berland.

Coordonnées 869.050/2053.700, feuille IGN 3333 (Montmélian) et 3233 (Voiron). Coupe étudiée par Mojon et Médus [1990] ainsi que par Orsat et Strohmenger [1993].

Site 53. Coupe des Gorges du Guiers Vif **. Vire marneuse dans la paroi rocheuse longeant le côté droit de la route D520c menant du village d'Entre-deux-Guiers (St-Christophe-sur-Guiers) au Cirque de St-Même par les Gorges du Guiers Vif, environ 500 m après la bifurcation du Pas du Frou avec la route D102a montant au hameau de la Ruchère.

Coordonnées 872.150/2052.900, feuilles IGN 3333 (Montmélian) et 3233 (Voiron). Coupe étudiée par Arnaud-Vanneau [1980] ainsi que par Mojon et Médus [1990].

Sites 54a-b-c. Coupe de La Ruchère **. Cette coupe regroupe trois gisements. Le premier (site 54a) correspond à un affleurement marno-calcaire du talus de la route D102a montant depuis le Pas du Frou, environ 100 m en retrait du dernier virage avant le hameau de La Ruchère [Mojon, 1988b]. Le second (site 54b) est représenté par une portion de coupe regroupant un ensemble de vires marno-calcaires accessibles juste après le Pas du Frou au bord de la route D102a montant à La Ruchère, alors que le troisième (site 54c) comprend un niveau marneux très tectonisé dans la paroi rocheuse bordant les routes D102a et D520c peu après la bifurcation du Pas du Frou et le gisement précédent [Mojon et Médus, 1990].

Coordonnées 871.850/2052.550 (site 54a) et 871.800/2053.100 (sites 54b-c), feuilles IGN 3333 (Montmélian) et 3233 (Voiron).

Site 56. Coupe de Font-Renard – Pas de Montbrand *** (non reportée et non positionnée). Affleurements marno-calcaires le long du chemin forestier allant des Ecouges à Font-Renard (lieux-dits) par le Pas de Montbrand. Le chemin forestier recoupe les couches marno-calcaires du sommet de la série barrémo-bédoulienne du synclinal d'Autrans. À cet endroit du

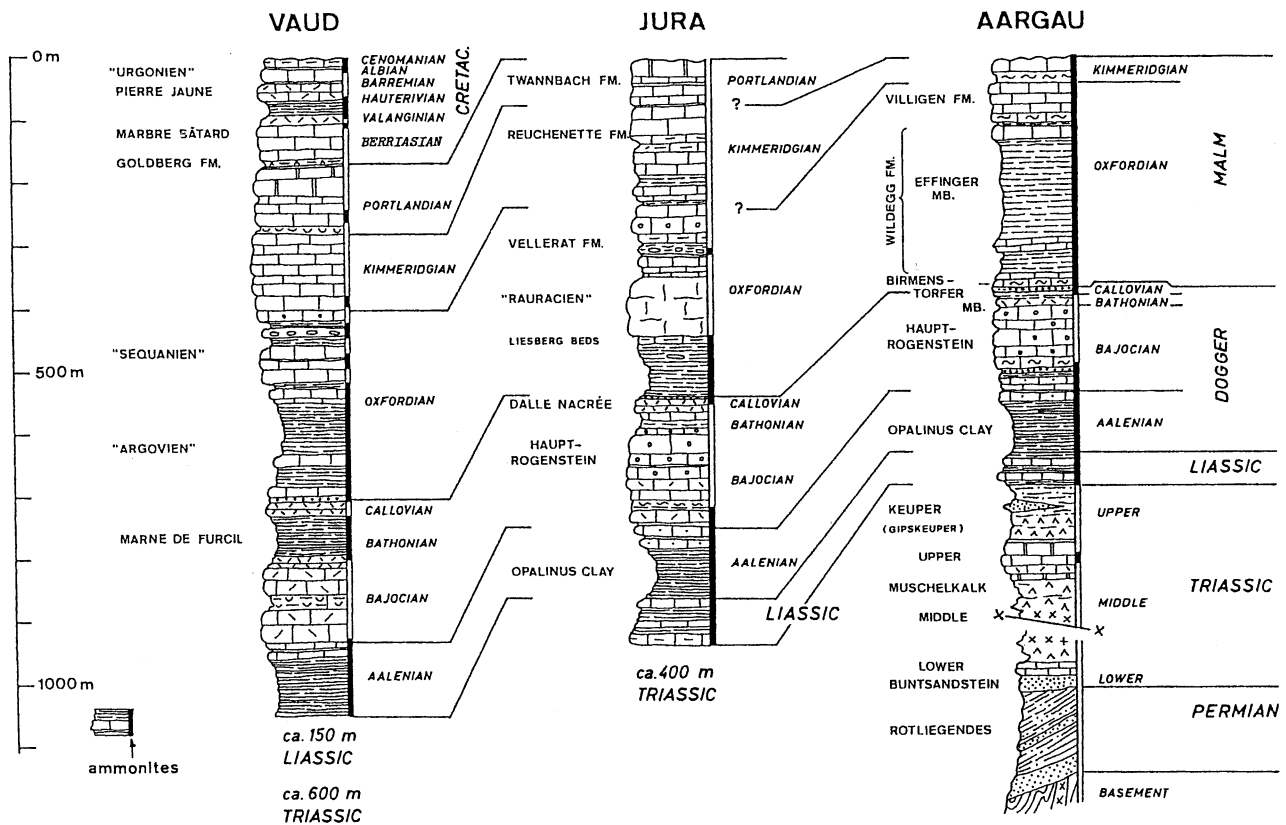


FIG. 5. – Représentation schématique de la couverture mésozoïque du Jura (exemple du Jura suisse), modifié d'après Trümpy [1980].

Vercors septentrional, le développement exceptionnel des dépôts marneux au détriment des calcaires massifs qui s'amenuisent considérablement permet le franchissement aisé de l'imposante barre urgonienne. Il s'agit ici d'un site tout à fait comparable à celui de la "Côte de Berland" en Chartreuse occidentale. Site non positionné, coordonnées et études de détail d'après Arnaud-Vanneau et Médus [1977] et Arnaud-Vanneau [1980].

Faciès "purbeckiens" et Calcaire Blanc Supérieur, Berriasien supérieur terminal – Valanginien inférieur (Basse-Provence occidentale, Département du Var)

Coupes A-B du "Trou-du-Diable" **. Affleurements de marnes verdâtres et de brèches conglomératiques à cailloux noirs dans une petite carrière au lieu-dit le "Trou-du-Diable" (site A) et un peu plus loin le long de

la route secondaire reliant le centre de la ville de Toulon au Mt Faron, dans le premier virage en épingle (site B) situé environ 600 m à l'ouest du "Trou-du-Diable".

Coordonnées 893.750/3099.500 (site A) et 893.450/3099.450 (site B), feuille IGN 3346 ouest au 25.000^e (Toulon). Coupes étudiées par Donze [1958] et Virgone [1997].

Coupe de la carrière du Fort St-Antoine *. Vires marneuses qui marquent le sommet des faciès "purbeckiens" provençaux et sont intercalées dans la partie inférieure du Calcaire Blanc Supérieur, anciennement exploité dans la grande carrière située à environ 1,5 km au sud-est du Fort St-Antoine et à proximité de la route secondaire reliant la banlieue nord de Toulon au Mont Faron.

Coordonnées 892.125/3099.700, feuille IGN 3346 ouest au 25.000^e (Toulon). Coupe citée dans Virgone [1997].

Chapitre 2

STRATIGRAPHIE ET SÉDIMENTOLOGIE DES COUPES DU JURASSIQUE

1.- LE JURASSIQUE MOYEN DE LA BOURGOGNE

Le Bathonien de la Bourgogne forme d'immenses plateaux calcaires, qui s'étendent à travers les départements de la Haute-Marne, de la Côte-d'Or et de la Haute-Saône [Thierry *et al.*, 1980]. Ce Bathonien est constitué de dépôts oolithiques et coquilliers, qui ont livré une riche faune de Mollusques, Brachiopodes, Échinodermes, Polypiers, ainsi que quelques Foraminifères benthiques tels que *Alzonella cuvillieri* BERNIER & NEUMANN, 1970, *Orbitammina elliptica* (D'ARCHIAC) et Ataxophragmiidés.

1.1. Sédimentologie et paléoécologie (fig. 6)

Le Bathonien de la Bourgogne débute par des faciès oolithiques constituant l'Oolithe Blanche [Lévy *et al. in* Mégnien *et al.*, 1980], qui correspond aux Calcaires de Mailley de Girardin [1982]. Au-dessus, des niveaux émergifs signalés par Magniez *et al.* [1960] et Girardin [1982] caractérisent la partie basale du Calcaire de Comblanchien [Maison *in* Mégnien *et al.*, 1980] ou Calcaires à faciès comblanchoïde [Arbault et Rat *in* Mégnien *et al.*, 1980]. Le Calcaire de Comblanchien est représenté par des calcaires bioclastiques à oncoïdes

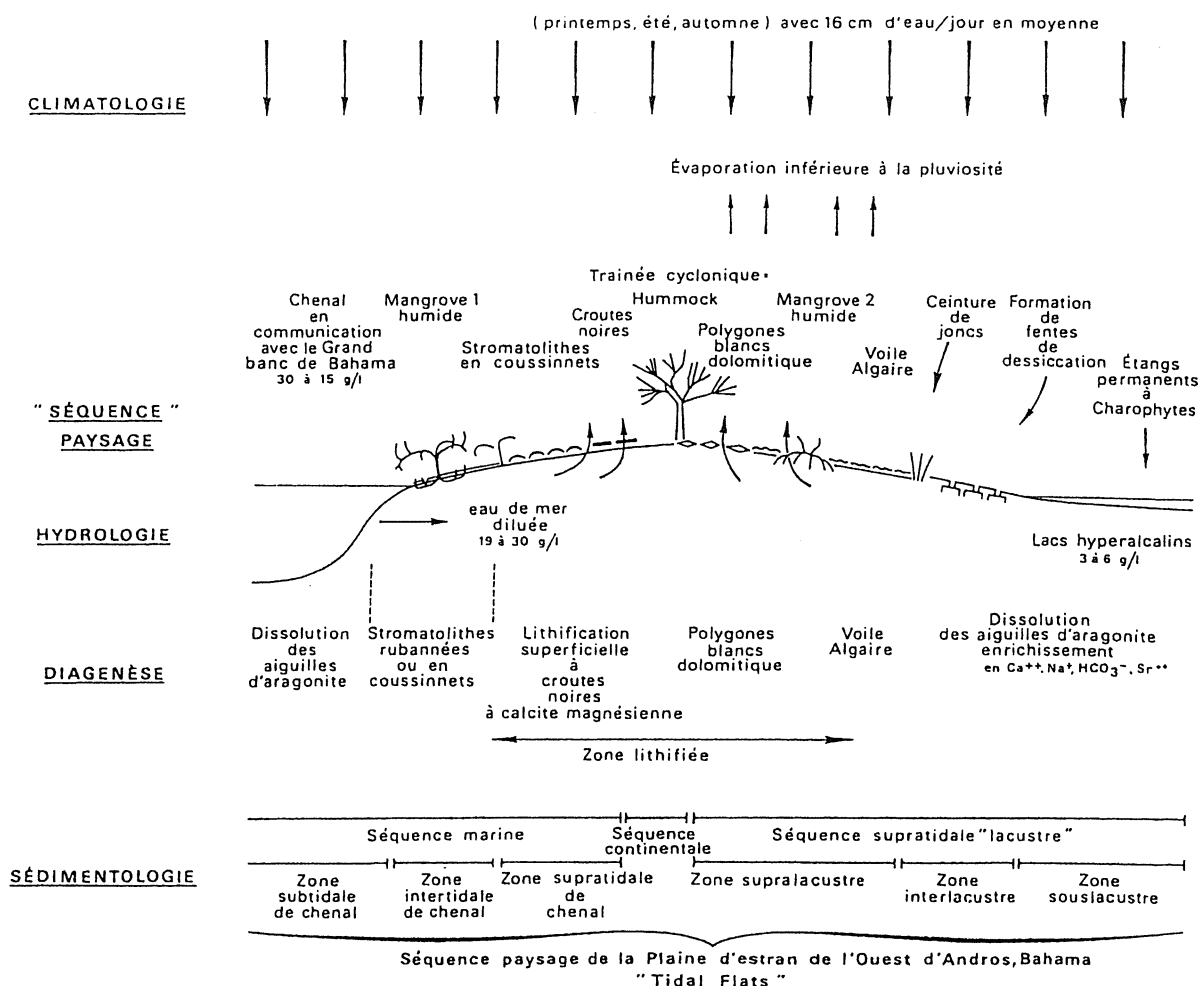


FIG. 6.- Écologie et sédimentologie d'une plaine d'estran de type bahamien (tidal flats, île d'Andros, Bahamas), d'après Bourrouilh-Le Jan [1980].

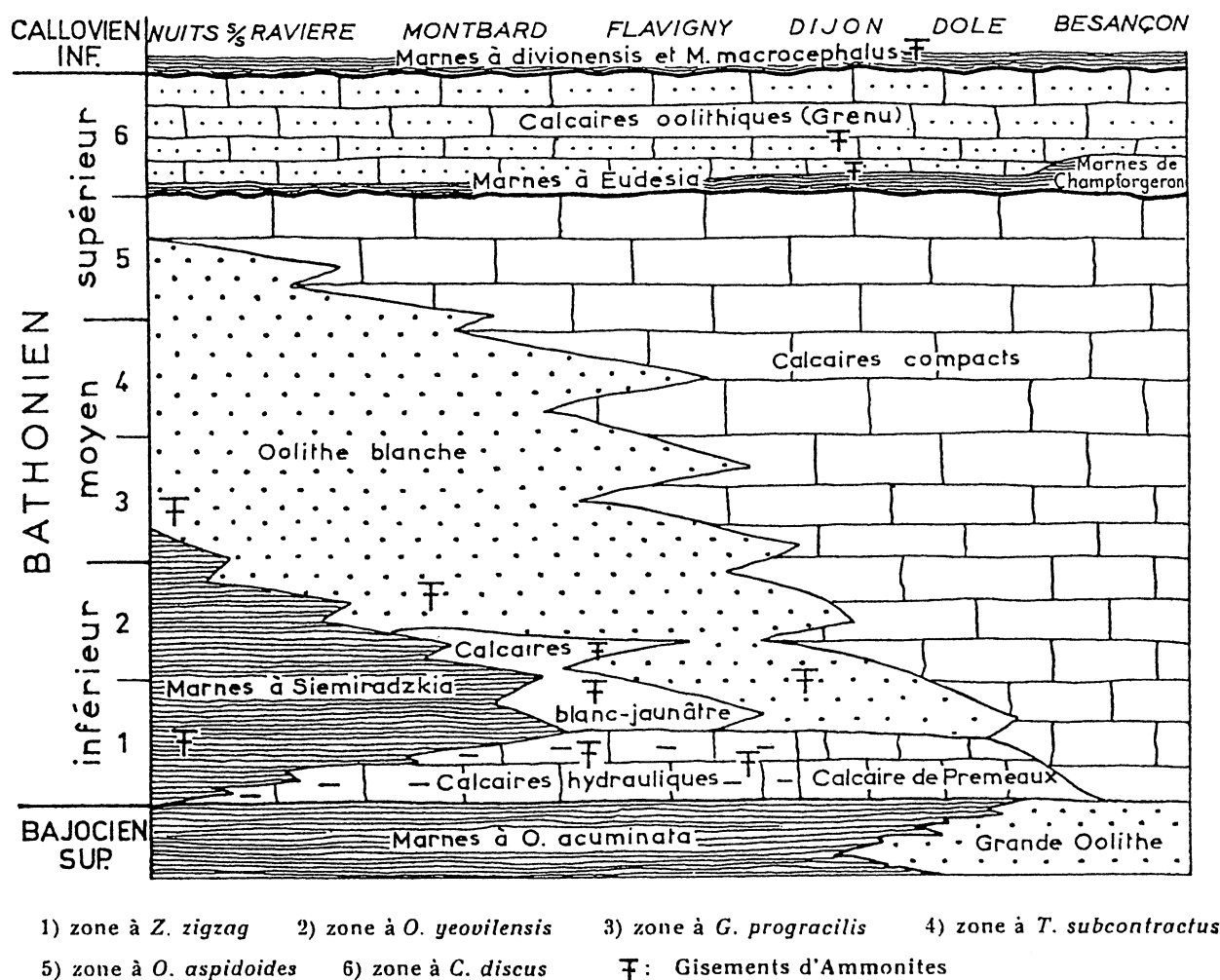


FIG. 7.— Variation des faciès du Bathonien de Bourgogne, d'ouest en est, entre Nuits-sous-Ravière (Yonne) et Besançon (Doubs), d'après Tintant [1962].

fortement bioturbés et présente une succession de séquences élémentaires à granulométrie et bathymétrie décroissantes (*fining-upward* et *shallowing-upward*) dites "boueuses" [Purser, 1975].

Les niveaux émerifs marno-calcaires ne se développent qu'au sommet de certaines séquences sédimentaires. En effet, sur la topographie très plate de la plaine d'estran (*tidal flats*) entourée de lagons marins à restreints de type bahamien du Bathonien de Bourgogne, tout à fait comparable à celle de l'île actuelle d'Andros (Bahamas) située en zone intertropicale humide, de tels niveaux d'émersion caractérisent des aires surélevées ou *hummocks* qui se sont édifiées localement au cours d'ouragans [fig. 6 ; Bourrouilh-Le Jan, 1978, 1980]. Sur ces reliefs marécageux plus ou moins exondés se sont développés une végétation terrestre ainsi que des mares et étangs saumâtres à salinité variable et à sédimentation marneuse, alimentés par une forte pluviosité. La colonisation de ces milieux laguno-lacustres isolés par des Charophytes et des Ostracodes continentaux implique un transport aérien par les ouragans ou des

animaux [Proctor, 1962 ; Krassavina, 1971 ; Grekoff, 1971 ; McKenzie, 1971].

Indépendamment de l'action des ouragans ou des effets éventuels (très locaux) d'une tectonique synsédimentaire, la formation de dépôts émerifs bien développés au Bathonien est aussi surtout liée aux variations relatives du niveau marin. Ainsi, une phase d'émersion très nette correspondant à un abaissement important du niveau marin à la limite Bathonien inférieur/moyen a affecté l'Europe occidentale [Mojon, 1989b] et l'Afrique du Nord ["Couches rouges" de l'Atlas marocain ; Sigogneau-Russell *et al.*, 1990 ; Charrière *et al.*, 1994].

Associés aux horizons émerifs de la coupe de Champlitte, des *keystone vugs* caractérisant un faciès de plage, la palynoflore continentale citée et une surface d'érosion supratidale à "galets mous" (*mud-pebbles*) sont autant de preuves évidentes d'émersion, qui indiquent clairement que les Charophytes et les Ostracodes laguno-lacustres ont vécu *in situ* sans avoir été transportés ni remaniés comme le pensaient Magniez *et al.* [1960].

1.2. Attribution chronostratigraphique et micro-paléontologie (fig. 7)

L'Oolithe Blanche se place dans le Bathonien inférieur (Zone à *Zigzag*) d'après les Ammonites du Bajocien terminal (Zone à *Parkinsoni*, sous-zone à *Bomfordi*) récoltées à sa base [Tintant, 1962 ; Contini et Rollet, 1970]. D'autre part, la partie supérieure du Calcaire de Comblanchien peut être attribuée au Bathonien supérieur (Zone à *Retrocostatum*) d'après les Ammonites du Callovien basal (Zone à *Discus*) collectées au sommet de cette formation [fig. 7 ; Tintant, 1962 ; Girardin, 1982].

Comme la limite entre l'Oolithe Blanche et le Calcaire de Comblanchien est considérée comme nettement diachrone du NW au SE [Tintant, 1962], un âge bathonien inférieur-moyen (Zones à *Zigzag* ou à *Subcontractus*) peut donc être attribué aux niveaux émergifs de la partie basale du Calcaire de Comblanchien (coupes de Champlitte et des Belles-Baraques, fig. 8 et 10). Dans la partie tout à fait supérieure du Calcaire de Comblanchien (non comprise dans cette étude), un précieux repère biostratigraphique est constitué par la présence de grands Lituolidés [Delance, 1964]. A ce propos, il faut signaler ici le cas de dimorphisme typique représenté par ces Lituolidés chez lesquels les formes A macrosphériques correspondent aux *Orbitamina elliptica* et les formes B microsphériques aux ex-*Meyendorffina bathonica* AUROUZE & BIZON, 1958 [in Septfontaine, 1988].

Les dépôts émergifs du Bathonien de Bourgogne sont le plus souvent marneux, parfois ligniteux (riches en spores et pollens), et correspondent à des dépôts côtiers laguno-lacustres à palustres caractérisés par des Charophytes et des Ostracodes [Mojon, 1989b] ainsi qu'une intéressante palynoflore continentale [Médus et Mojon, 1996]. Les Charophytes sont représentées par des gyrogonites de *Porocharacées* appartenant à *Porochara sublaevis* (PECK), 1957 GRAMBAST, 1966 [citation de L. Grambast in Saïdakovski, 1966, p. 132, in Feist et Grambast-Fessard, 1984, p. 303]. Les Ostracodes comprennent des formes de milieu lagunaire saumâtre telles que *Fabanella bathonica* (OERTLI, 1956) – DÉPÊCHE (1984) et *Klieana levis* OERTLI, 1956 [in Bernard *et al.*, 1956].

Le niveau marno-ligniteux de la carrière de Champlitte qui a livré la palynoflore continentale mentionnée a été reconnu sur une vaste étendue de plus de 7.000 km² [Philippe, 1991]. Cette palynoflore diversifiée présente une abondance/dominance de Ptéridophytes pouvant traduire le large développement d'un milieu palustre de marais côtiers margino-littoraux, le spectre palynologique étant occupé entre 20-25% par le genre *Ischyosporites*, entre 25-30% par des spores lisses (*Cyathidites* et *Deltoidospora*), entre 7-10% par *Densosporites*, entre 4-6% par *Leptolepidites* et entre 3-5% par *Gleicheniidites*. Toutefois, la présence de Gymnospermes variées indique aussi l'existence d'une

végétation plus franchement terrestre sur des aires certainement bien drainées. En effet, le spectre palynologique présente entre 10-12% de pollens du genre *Excesipollenites*, entre 4-6% de pollens biaillés (Abiétacées, Podocarpacées) et entre 5-7% de *Classopollis* (Cheirolépidiacées). Enfin, il faut relever le remaniement de certaines spores à partir des dépôts du Lias (*Circularesporites cerebroides*) ou du Trias germanique (cf. *Porcellispora longdonensis*), qui confirme ainsi la proximité d'une terre déjà émergée située à l'est (Vosges), soumise à l'érosion et rattachée au Continent vindélicien [Médus et Mojon, 1996].

1.3. Description de la coupe de Champlitte (fig. 8 et 9)

Déjà étudiée par Girardin [1982], cette coupe est constituée comme suit, avec de bas en haut (fig. 8, 9A).

– **Unité de lever 1** (Oolithe Blanche ; Bathonien inférieur). Calcaires oolithiques blanchâtres à beiges (dernier banc), à débris coquilliers divers (Lamellibranches, Gastéropodes dont de nombreuses Nérinées, Brachiopodes, Échinodermes), débris de Coraux et gros intraclastes centimétriques. Ciment microsparitique devenant micritique dans le dernier banc, qui est constitué de sédiment moins grossier et très bioturbé.

– **Unité de lever 2 à 8** (Calcaire de Comblanchien ; Bathonien inférieur-moyen).

– **Unité de lever 2** (échantillon Champlitte 2). Marne jaunâtre à microfossiles de milieu lagunaire saumâtre tels que Charophytes (*Porochara sublaevis*), Ostracodes (*Fabanella bathonica*, *Klieana levis*) et Gastéropodes.

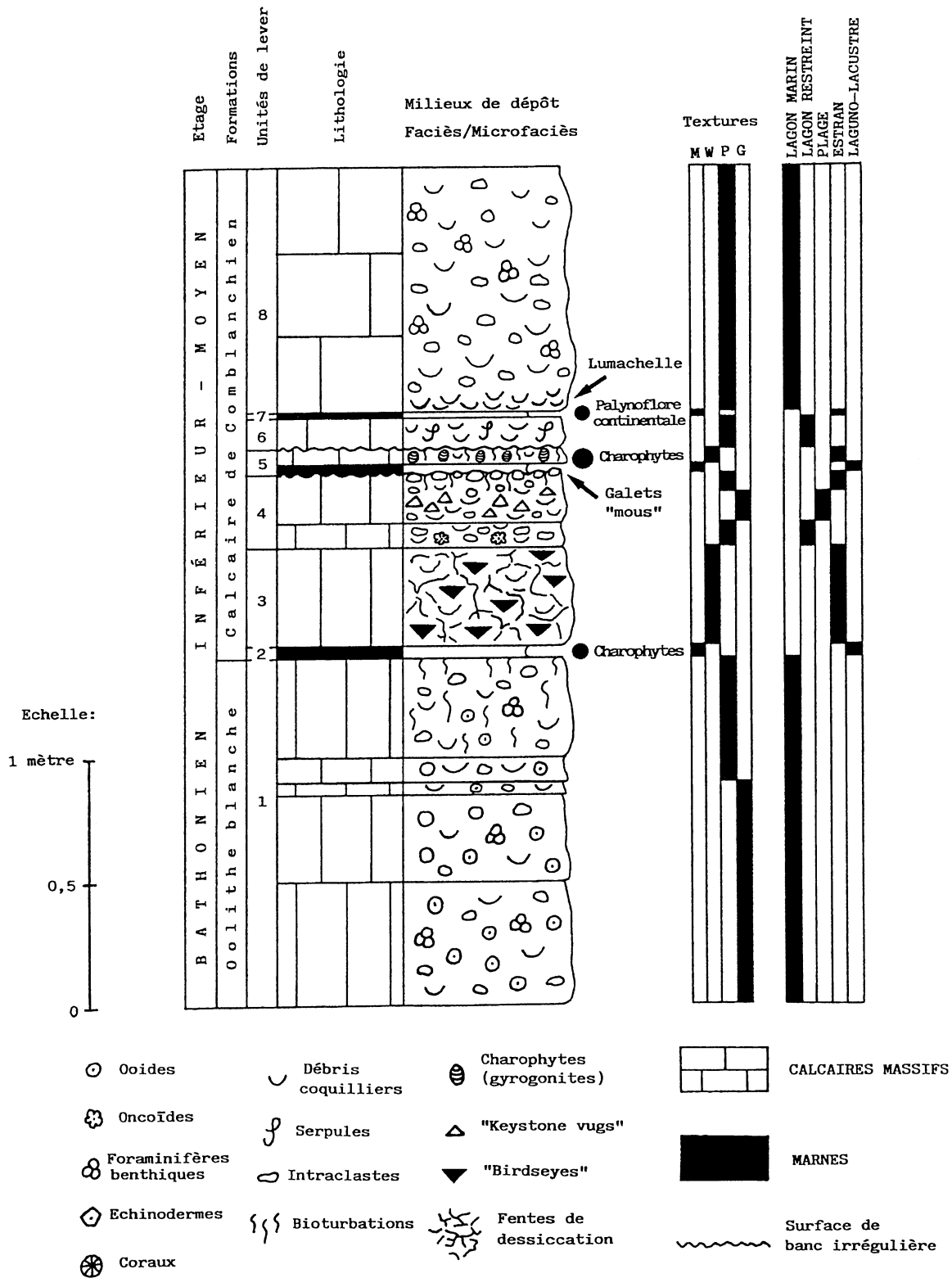
– **Unité de lever 3**. Calcaire beige à débris de Lamellibranches et de Brachiopodes, *bird's eyes* et fentes de dessiccation (faciès d'estran).

– **Unité de lever 4**. A la base, banc de calcaire gris à ciment micritique, avec quelques oncoïdes et intraclastes millimétriques. Plus haut, ciment microsparitique et présence de *keystone vugs* (faciès de plage). Dans la partie supérieure, ciment micritique avec débris coquilliers (Lamellibranches, Gastéropodes, Brachiopodes), gros intraclastes centimétriques et bioturbations. Au sommet, surface de banc à "galets mous" traduisant une émergence suivie d'une érosion par remaniement du sédiment encore meuble (fig. 9B).

– **Unité de lever 5**. À la partie inférieure, marne brune à gyrogonites de Charophytes très écrasées (*Porochara sublaevis*), Ostracodes (*Fabanella bathonica*) et Gastéropodes de milieu lagunaire saumâtre. Dans la partie supérieure, calcaire beige foncé à Charophytes (*Porochara sublaevis*), Ostracodes (*Fabanella bathonica*), quelques débris coquilliers de Gastéropodes et bioturbations.

– **Unité de lever 6**. Calcaire gris foncé à Serpules, débris coquilliers (Lamellibranches, Gastéropodes, Échinodermes) et débris ligniteux.

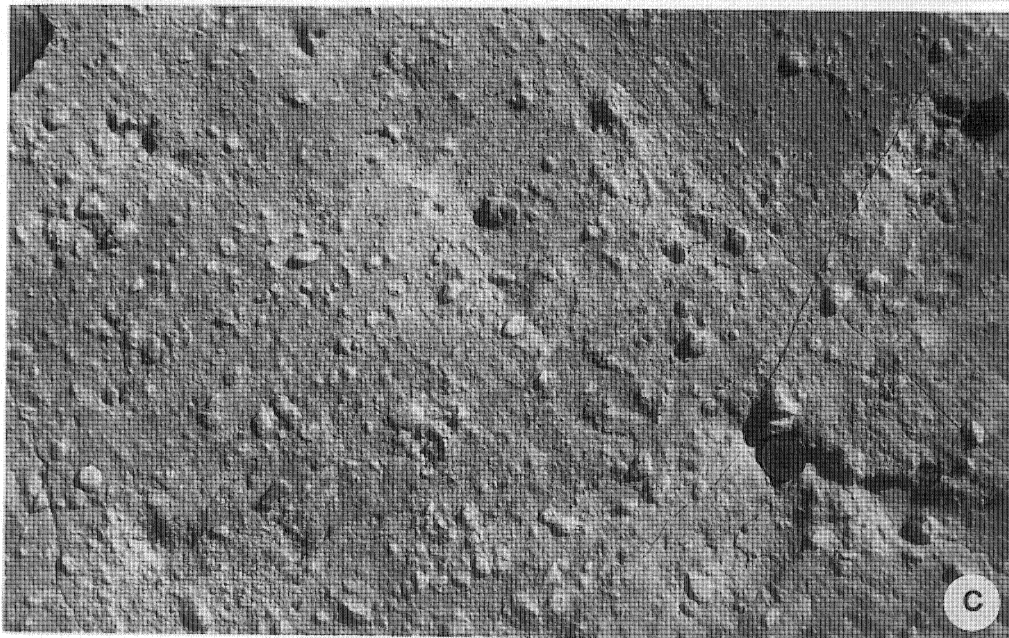
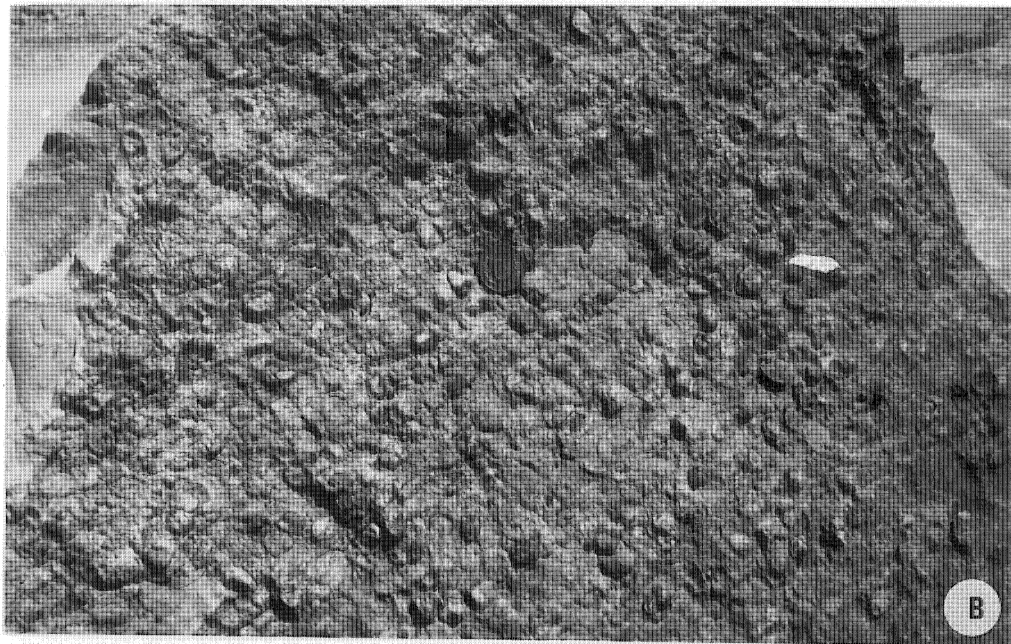
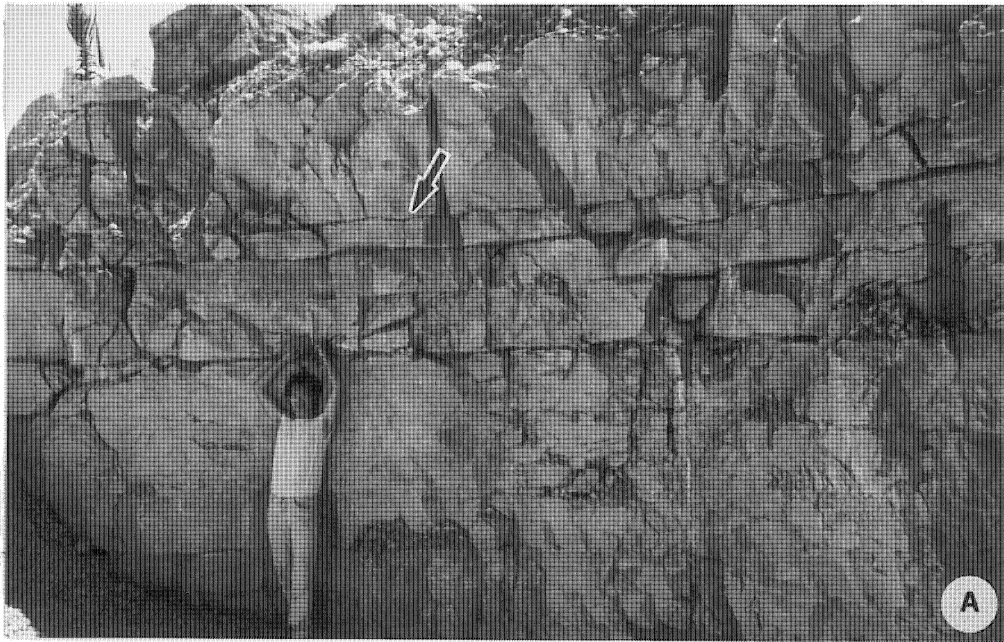
– **Unité de lever 7**. Marne noire charbonneuse, riche en fragments ligniteux et en pyrite. Ce niveau palustre a



Textures: M=mudstone, W=wackestone, P=packstone, G=grainstone

Faciès (milieux de dépôt): dépôts subtidaux (faciès de lagon marin à restreint),
dépôts intertidaux (faciès de plage et d'estrans),
dépôts supratidaux (faciès laguno-lacustre).

FIG. 8.- Levé de la portion de coupe étudiée dans la carrière de Champlitte (Bourgogne), d'après Médus et Mojon [1996].



livré une petite dent de Crocodilien et une remarquable palynoflore continentale [dét. J. Médus 1990 ; Médus et Mojon, 1996] :

PTÉRIDOPHYTES (spores) : *Converrucosporites* sp., *Calamospora tener*, *Cerebropollenites macroverrucosus*, *Circularisporites cerebroides*, *Cyathidites australis*, *Cyathidites concavus*, *Cyathidites minor*, *Deltoidospora toralis*, *Densoisporites velatus*, *Densoisporites erdtmanni*, *Dictyophyllidites harisii*, *Gleicheniidites conspicendus*, *Gleicheniidites senonicus*, *Intrapunctisporis toralis*, *Ischyosporites crateris*, *Ischyosporites granulosus*, *Ischyosporites variegatus*, *Leptolepidites equatibosus*, *Leptolepidites macroverrucosus*, *Neoraistrickia* sp., cf. *Porcellispora longdonensis*, *Punctatisporites globosus*, *Todisporites major*.
GYMNOSPERMES (pollens) : *Araucariacites australis*, *Callialasporites dampierri*, *Callialasporites minus*, *Callialasporites trilobatus*, *Callialasporites turbatus*, *Chasmatosporites hians*, *Classopollis* sp., *Eucommiidites minor*, *Eucommiidites troedsonii*, *Excesipollenites tumulus*, *Podocarpidites* sp., *Spheripollenites subgranulatus*, *Vitreisporites pallidus*.

ACRITARCHES (kystes) : *Pilospora parvus*.

– **Unité de lever 8.** Calcaires gris foncé à débris coquilliers (Lamellibranches, Gastéropodes, Brachiopodes, Échinodermes) et quelques foraminifères benthiques (*Alzonella cuvillieri*). À la base, débris bioclastiques grossiers formant un niveau lumachellique à brachiopodes avec Rynchonelles : *Burmirychnia turgida* (Buckmann) et Térébratules : *Cerethyris* sp., gros intraclastes centimétriques et nombreux débris ligniteux (fig. 9C).

1.4. Description de la coupe des Belles-Baraques (fig. 10)

Également étudiée par Girardin [1982], cette coupe est constituée comme suit, avec de bas en haut :

– **Unité de lever 1** (Calcaires de Mailley correspondant à l'Oolithe Blanche ; Bathonien inférieur). Calcaires oolithiques et bioclastiques beiges, avec débris coquilliers (Lamellibranches, Gastéropodes/Nérinées, Brachiopodes, Échinodermes), débris de Coraux, nombreux Foraminifères benthiques (*Alzonella cuvillieri*, Ataxophragmiidés) et intraclastes centimétriques. Ciment en général microsparitique, devenant parfois micritique (partie supérieure).

– **Unité de lever 2 à 8** (Calcaire de Comblanchien ; Bathonien inférieur-moyen).

– **Unité de lever 2.** Calcaire beige clair. Au sommet, marne brune (échantillon BB 2) avec gyrogonites de Charophytes (*Porochara sublaevis*), Ostracodes de milieu lagunaire saumâtre (*Fabanella bathonica*, *Klieana levis*), débris d'Échinodermes et dents broyeuses de poissons Pycnodontes (Téléostéens, Actinoptérygiens).

– **Unité de lever 3.** Calcaire beige foncé à débris coquilliers (Brachiopodes, Échinodermes), quelques Foraminifères benthiques (*Alzonella cuvillieri*), intraclastes centimétriques. Au centre, mince niveau de marne brune.

– **Unité de lever 4.** Partie inférieure correspondant à un mince niveau de marne verdâtre et à un banc de calcaire blanchâtre. Au-dessus, marnes verdâtres très fossilifères (échantillon BB 4) avec organismes de milieu lagunaire saumâtre tels que Charophytes (gyrogonites de *Porochara sublaevis*), Ostracodes (*Fabanella bathonica*, *Klieana levis*) et Gastéropodes (Nérítidés). Rares dents de poissons Pycnodontes. Au sommet, petit banc de calcaire beige clair à bioturbations remplies de sparite ou de matériel plus grossier du banc sus-jacent.

– **Unité de lever 5.** Calcaires beige foncé devenant plus clairs dans leur partie supérieure, bioclastiques, à débris coquilliers (Lamellibranches, Gastéropodes/Nérinées, Brachiopodes), débris de Coraux en partie recristallisés et intraclastes, devenant oolithiques vers le haut.

– **Unité de lever 6.** Calcaires beige clair. Partie inférieure avec ooïdes et grandes bioturbations, partie supérieure avec *bird's eyes*.

– **Unité de lever 7.** Calcaires bioclastiques beige foncé, à débris coquilliers (Lamellibranches, Gastéropodes [Nérinées], Brachiopodes), débris de Coraux, ooïdes et intraclastes centimétriques. Ciment en général micritique, parfois microsparitique dans la partie supérieure. Surface de l'avant-dernier banc stylolithisée et karstification au sommet.

– **Unité de lever 8.** Calcaires bioclastiques beige foncé, à nombreux débris coquilliers assez grossiers (Lamellibranches, Gastéropodes, Brachiopodes, Échinodermes), quelques Foraminifères benthiques (*Alzonella cuvillieri*) et intraclastes centimétriques.

FIG. 9.– A : vue de la portion de coupe étudiée dans la carrière de Champlitte (passage Oolithe Blanche/Calcaire de Comblanchien ; intervalle Bathonien inférieur-moyen). À gauche, la flèche indique le niveau à palynoflore continentale et le personnage mesurant 180 cm donne l'échelle. B : vue de la surface d'émersion à galets "mous" (*mud-pebbles*) de la partie basale du Calcaire de Comblanchien (Bathonien inférieur-moyen) de la carrière de Champlitte ; la pièce de monnaie au centre (diamètre 3 cm) donne l'échelle. C : vue de la lumachelle à Brachiopodes de la partie basale du Calcaire de Comblanchien (Bathonien inférieur-moyen) de la carrière de Champlitte ; la pièce de monnaie en bas à droite (diamètre 3 cm) donne l'échelle. Toutes les photos d'après Médus et Mojon [1996].

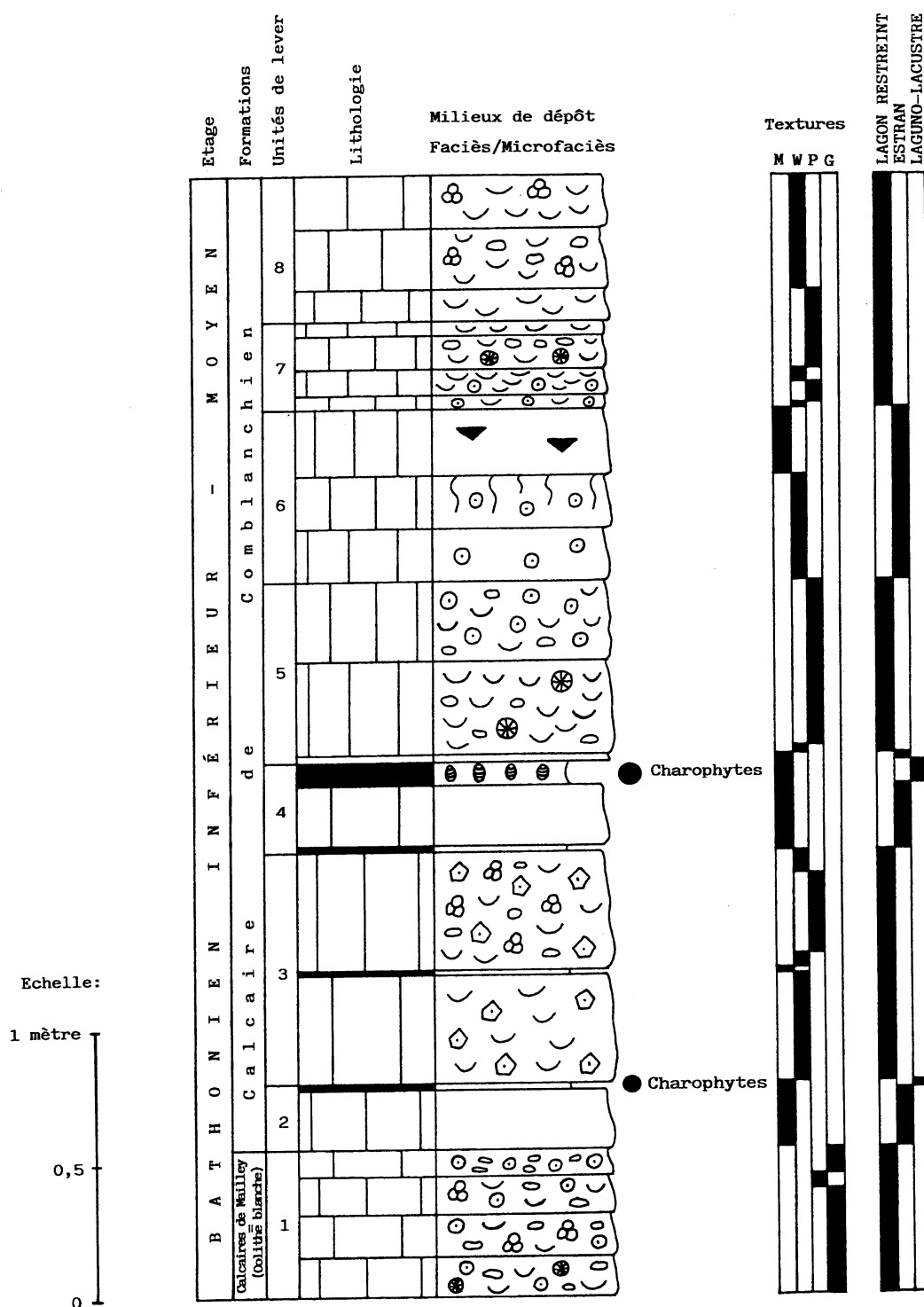


FIG. 10.- Levé de la coupe des Belles-Baraques (Bourgogne). Pour la légende, se reporter à la figure 8.

1.5. Discussion d'après les observations effectuées (fig.11)

Par rapport au modèle sédimentologique de plaine d'estran bahamien présenté en page 22, il faut souligner l'absence frappante dans les coupes étudiées de vrais paléosols tels que des calcrêtes ou même de paléosols à racines périodiquement émergés constituant l'équivalent

de paléomangroves (les vraies mangroves constituées d'Angiospermes remontent au Tertiaire inférieur, soit à 50 millions d'années environ), qui dans l'Actuel se développent normalement dans un tel environnement [Sellwood, 1986]. Néanmoins, dans la palynoflore récoltée, certains pollens du genre *Classopollis* appartenant aux Cheirolépidiacées (Gymnospermes) peuvent se rapporter effectivement à l'existence de paléomangroves [Watson, 1977 ; Retallack et Dilcher,

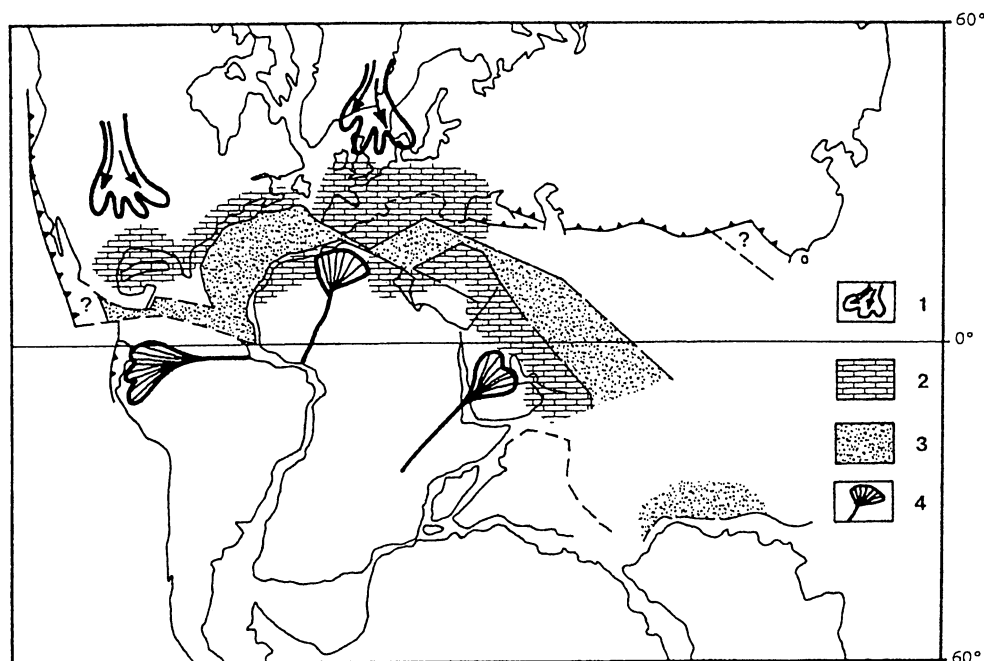


FIG. 11.— Carte de faciès du Jurassique moyen sur les marges de la Téthys. 1, deltas septentrionaux ; 2, dépôts de plates-formes (évaporites et carbonates) ; 3, dépôts profonds ; 4, deltas tropicaux équatoriaux [d'après Delfaud, 1986].

1981 ; Courtinat, 1989] situées à proximité, d'où ils ont été transportés par le vent. L'absence d'évaporites (gypse, anhydrite) ou de dépôts de milieux très confinés tels que des tapis algaires indique, parallèlement à la dominance des Ptéridophytes, d'abondants apports d'eau douce (forte pluviosité). La faible épaisseur des niveaux laguno-lacustres à palustres du Calcaire de Comblanchien suggère d'autre part des émergences très temporaires n'atteignant jamais véritablement le stade édaphique. Le détritisme fin de type argileux de ces horizons d'émergence ainsi que la présence de palynomorphes remaniés des dépôts marneux du Keuper et du Lias traduisent des apports fluviaux [fig. 11 ; Delfaud, 1986] issus de paléoreliefs vosgiens en voie d'érosion, assez éloignés d'après l'absence du quartz détritique relativement dense, et des vitesses de courant plutôt faibles caractéristiques de plaine d'épandage.

Par contre, la grande extension du mince niveau à palynoflore continentale sur l'estran bahamien du Bathonien de Bourgogne et sa nature palustre très particulière constituant une exception notable au sein des couches en majeure partie carbonatées du Calcaire de Comblanchien impliquent un dépôt rapide de sédiments vaseux d'origine allochtone (marécages distaux), probablement à la suite d'une crue fluviale de grande amplitude. Toutefois, l'examen d'autres coupes comme celle des Belles-Baraques montre que ce niveau n'est pas présent partout, soit qu'il n'ait pas été conservé à cause de remaniements sédimentaires importants ou qu'il n'ait pas pu se déposer en fonction d'une paléotopographie bien marquée.

1.6. Conclusions

En complément aux données de la sédimentologie, l'étude palynologique de ce travail permet d'apporter d'utiles précisions pour la reconstitution des paléo-environnements margino-littoraux et continentaux du Jurassique moyen de l'Europe occidentale, notamment en ce qui concerne la couverture végétale présumée et l'existence encore incertaine à cette époque de paléoreliefs vosgiens.

Ainsi, l'hypothèse déjà ancienne d'une émergence du massif Vosges-Forêt Noire au Bathonien énoncée par Abrard [1946] se trouve pleinement confirmée, celle-ci étant probablement liée à une tectonique synsédimentaire résultant du rejeu durant le Mésozoïque de failles profondes tardi-hercyniennes affectant le socle cristallin et à partir desquelles se sont formés les bassins houillers permo-carbonifères de la Chaîne varisque.

D'autre part, malgré leur faible développement, les niveaux émergifs du Bathonien de Bourgogne localisés dans la partie basale du Calcaire de Comblanchien s'avèrent d'une grande importance au niveau de la stratigraphie séquentielle. En effet, ils marquent clairement un intervalle émergifs au Bathonien inférieur-moyen en Europe et en Afrique du Nord. Cette phase d'émergence correspond indéniablement à un événement géologique majeur ("*global-event*"), qui s'inscrit à l'échelle mondiale dans le cadre des variations relatives du niveau marin [Haq *et al.*, 1987, 1988] certainement liées au morcellement de la Pangée durant la seconde moitié du Jurassique. À ce propos, il est particu-

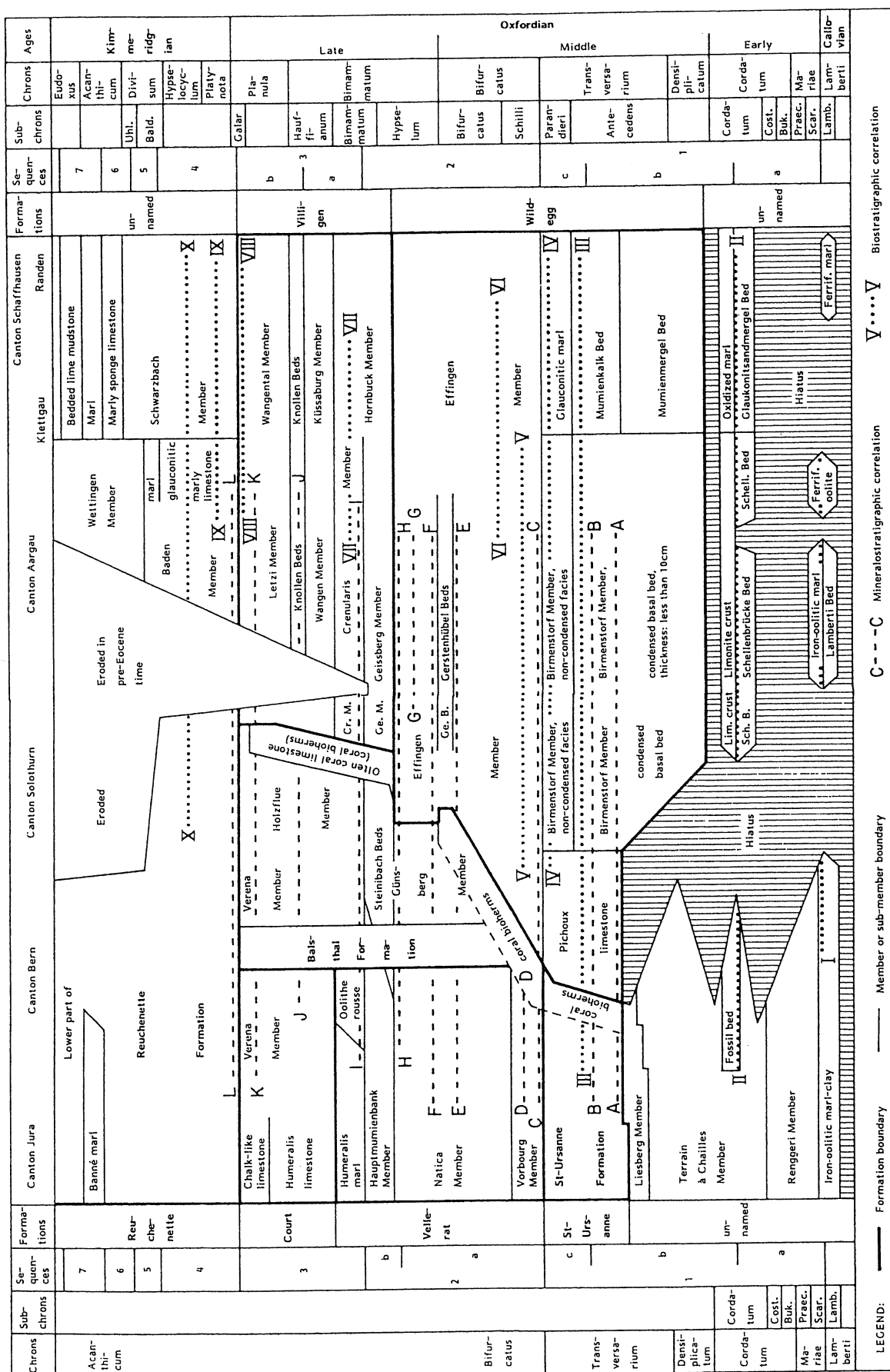


FIG. 12.— Schéma synthétique de l'Oxfordien-Kimmeridgien du Jura suisse septentrional, d'après Gygi et Persoz [1986].

lièrement intéressant de faire remarquer que la phase d'émersion bathonienne se retrouve par exemple à Madagascar, où elle est caractérisée par des faciès à Charophytes, Dinosauriens et bois silicifiés des grès de l'Isalo [Besairie et Collignon, 1972].

2.- JURASSIQUE SUPÉRIEUR DU JURA (fig. 12 à 18)

2.1. L'Oxfordien moyen-supérieur du Jura septentrional (fig. 12 et 13 A, B)

L'Oxfordien du Jura septentrional franco-suisse est constitué en majeure partie par les faciès marins peu profonds (lagons marins à restreints) du "Séquanien" souvent très fossilifères, caractérisés par une macrofaune de Mollusques, Brachiopodes, Échinodermes et Coraux ainsi que par une microfaune réduite d'Ostracodes marins [Oertli, 1959a : *Schuleridea triebeli* (STEGHAUS), *Macrodentina* (*Macrodentina*) *punctata* OERTLI, *Macrodentina* (*Macrodentina*) *confinii* OERTLI, *Amphicythere* (*Amphicythere*) *confundens* OERTLI, *Galliaecytheridea postrotunda* OERTLI, *Eocytheropteron* aff. *decoratum* (SCHMIDT), *Cytherura?* *lacrimula* OERTLI, *Vernoniella sequana* OERTLI, *Cytherelloidea* sp. A, *Polycopse* sp. ; gen. et spp. indét.) et de Foraminifères benthiques dominée par des Lituolidés [in Hottinger, 1967] comme *Alveosepta jaccardi* (SCHRODT) et *Everticyclammina virguliana* (KOECHLIN). Ces dépôts margino-littoraux de plate-forme interne couronnent au nord les faciès coralliens du "Rauracien" et font place latéralement au sud aux faciès profonds marno-calcaires à Ammonites et à Spongiaires de l'"Argovien" dits de plate-forme externe ou de "bassin" (Couches de Birmensdorf et d'Effingen).

Les niveaux émergifs de ce "Séquanien" sont d'âge oxfordien moyen-supérieur et correspondent à des faciès d'estran intertidaux à supratidaux, qui présentent des apports terrigènes d'origine continentale (Massif ardenno-rhénan) tels qu'argiles, quartz détritique fin (forte probabilité d'un transport éolien) et minéraux lourds [M.A. Ziegler, 1962 ; Enay, 1980]. D'après Gygi et Persoz [1986 ; fig. 12], ces horizons émergifs font partie dans le Jura suisse du Membre à Natices d'âge oxfordien moyen (sommet de la Zone à *Bifurcatus*, sous-zone à *Bifurcatus*) à supérieur (base de la Zone à *Bimammatum*, sous-zone à *Hypselum*), qui appartient à la Formation de Vellerat [Bolliger et Burri, 1970].

Par contre, d'après Enay *et al.* [1988 ; fig. 13], les principaux horizons émergifs du "Séquanien-type" de Franche-Comté correspondent aux Tidalites de Mouchard d'âge oxfordien moyen (sommet de la Zone à *Transversarium*, sous-zone à *Parandieri* ; base de la Zone à *Bifurcatus*, sous-zone à *Schilli*).

Le léger diachronisme qui ressort de la comparaison des travaux cités ci-dessus [op. cit.] n'est toutefois qu'apparent et résulte en fait de deux interprétations

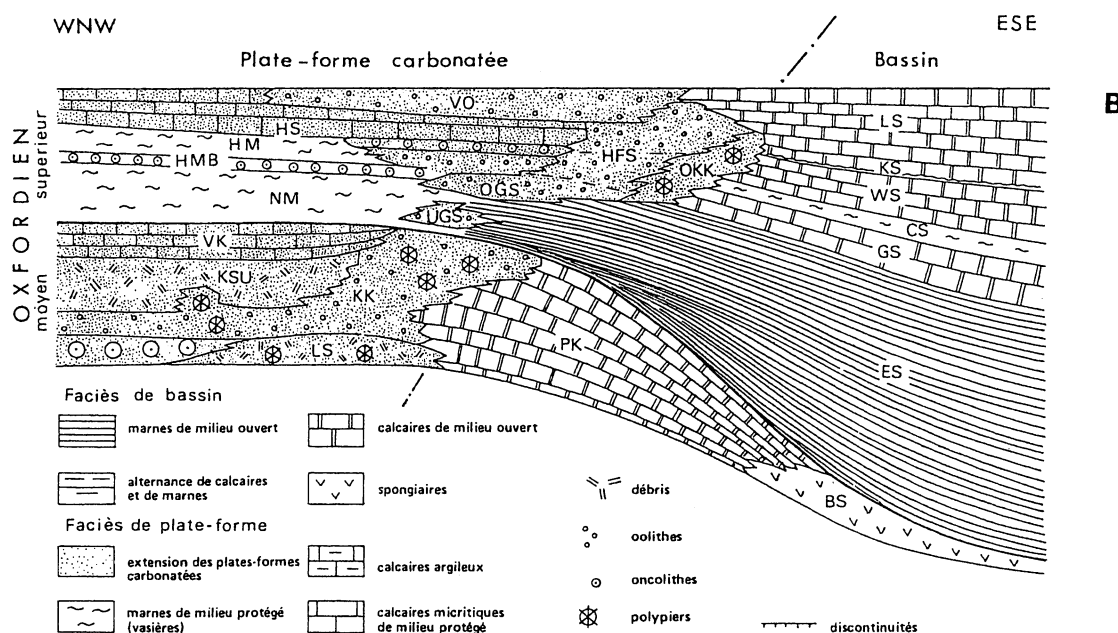
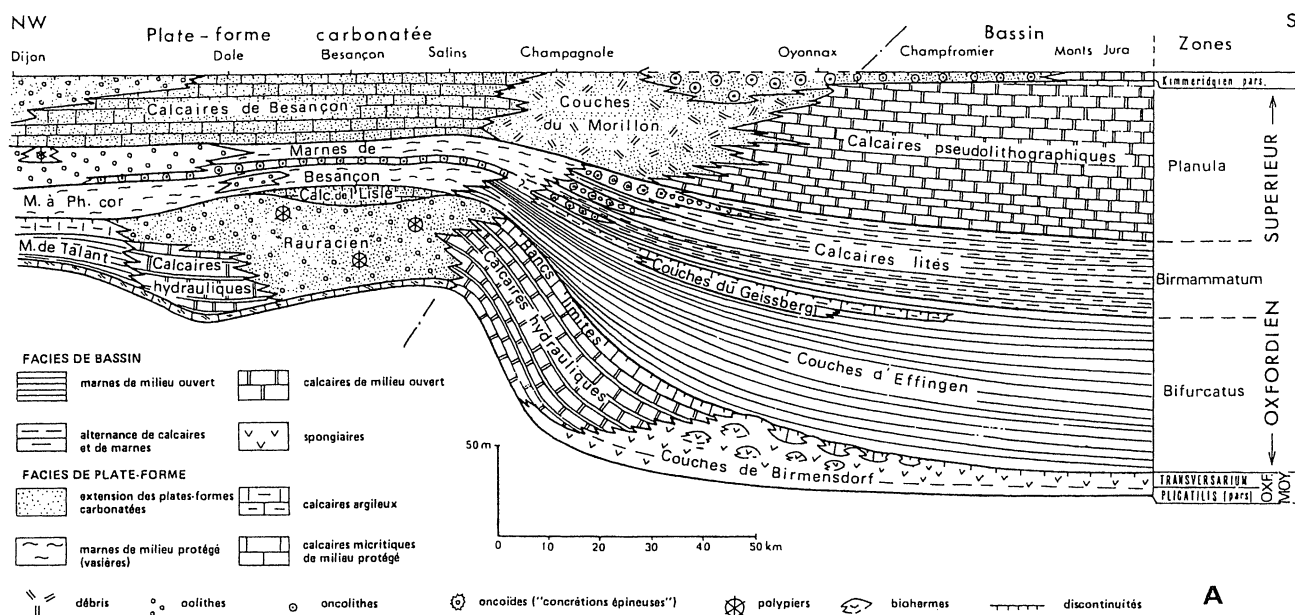
paléogéographiques et stratigraphiques différentes concernant la position de ces niveaux émergifs, qui peuvent être placés entre deux séquences contiguës (Oxfordien moyen-supérieur, fig. 12) ou alors seulement en fin de séquence en scellant ainsi le cycle sédimentaire d'une première plate-forme oxfordienne (Oxfordien moyen, fig. 13 A, B) sur le Jura septentrional.

Dans le Jura suisse septentrional, le Membre à Natices repose sur le Membre de la Vorbourg [M.A. Ziegler, 1962], un faciès corallien récifal oolithique riche en oncoïdes, et est recouvert par le Membre du "Hauptmumienbank" [P.A. Ziegler, 1956]. Ce "Hauptmumienbank" est formé par une accumulation de grands oncoïdes centimétriques (faciès de lagon restreint) enrobant de gros bioclastes (coquilles de Gastéropodes, etc...), qui ont été nommés pour cette raison "Mumien" ("Momies"). De tels bancs à oncoïdes ou "Mumienbänke" sont fréquents dans tout le "Séquanien" et peuvent facilement être confondus avec le "Hauptmumienbank", comme par exemple le "Hautes-Roches Algenkalk", d'âge oxfordien supérieur (Zone à *Planula*) de la Formation de Court [Gygi et Persoz, 1986]. Ce "Hautes-Roches Algenkalk" placé sous le Membre oolithique de Ste-Vérène contient parfois des galets noircis [*mud-pebbles* de la coupe de Reuchenette ; in Bolliger et Burri, 1970].

En Franche-Comté, les Tidalites de Mouchard (équivalent latéral du Membre à Natices du Jura suisse) sont intercalées entre les Calcaires de l'Isle-sur-le-Doubs (calcaires micritiques blancs d'aspect crayeux à oncoïdes et Lamellibranches nommés Astartes) et les Marnes de Besançon, qui constituent les dépôts dits de l'"Astartien" [Enay *et al.*, 1988].

Les horizons émergifs marno-calcaires décimétriques (10 à 50 cm) du "Séquanien" du Jura septentrional sont caractérisés par des *bird's eyes*, des fentes de dessiccation (*mud-cracks*), des cailloux noirs et des lignites [Heer, 1865 ; Bulle *et al.*, 1965 ; M.A. Ziegler, 1962 ; Enay, 1980 ; Gygi et Persoz, 1986 ; Enay *et al.*, 1988]. Les dépôts émergifs séquanien des Calcaires de l'Isle-sur-Doubs présentent également des calcaires à Charophytes ainsi que des horizons ligniteux lenticulaires à débris végétaux de Gymnospermes (*Zamites*, *Brachyphyllum*) et des restes de Dinosauriens y ont aussi été découverts localement (Damparis, près de Dôle).

Des rameaux flottés de Conifère (*Pagiophyllum*) récoltés dans l'"Argovien" du Jura suisse occidental [Reichel, 1927] confirment de plus la proximité de terres émergées au NW. D'autre part, les travaux de Barale [1981] et de Courtinat [1989] portant sur le Malm du Jura franco-suisse ont permis de mettre en évidence une riche paléoflore continentale composée de Ptéridophytes (Filicales : *Cyatheaceae*, *Matoniaceae*, *Osmundaceae*, *Schizeaceae*, *Dicksoniaceae*), de Lycophytes (Sélaginellales, Lycopodiales), de Sphéno-phytes (Equisetales) et de Gymnospermes : Ptéridospermaphytes, Cycadophytes, Gingkyophytes (Bennettitales



Formations de l'Oxfordien supérieur

VO	Verena-Oolith
OKK	Olten-Korallenkalk
HFS	Holzflue-Schichten
OGS	Obere/untere Günsberger Schichten
UGS	
HS	Humeralis-Schichten
HM	Humeralis-Mergel
HMB	Hauptmumienbank

NM	Natica-Mergel
LS	Letzi-Schichten
KS	Knollen-Schicht
WS	Wangener-Schichten
CS	Crenularis-Schichten
GS	Geissberg-Schichten
ES	Effinger Schichten

Formations de l'Oxfordien moyen

VK	Vorbouurg-Kalke	LS	Liesberg-Schichten
KSU	Kreide von St-Ursanne	PK	Pichoux-Kalke
KK	Korallenkalk	BS	Birmenstorfer Schichten

FIG. 13. – Coupes synthétiques des formations de l'Oxfordien moyen-supérieur du Jura franco-suisse septentrional (A, Jura français ; B, Jura suisse) d'après Enay *et al.* [1988].

du genre *Zamites*) et Coniférophytes (Pinales, Araucariales, Podocarpaceae, Tsugales, Cheirolépidiacées).

À l'Oxfordien, la flore est largement dominée par les Ptéridophytes et les Lycophytes, végétaux palustres traduisant l'existence de vastes marais côtiers. À ce propos, l'association ou la présence de spores affiliées aux Schizéacées (genre *Cicatricosisporites*) et de Lycopodiales présumées (genres *Densoisporites* et *Dictyophyllidites*) permet d'évoquer des paléoenvironnements palustres en zone tropicale à intertropicale caractérisée par un climat humide et chaud [J. Médus, comm. pers. 1990].

Enfin, des palynoflores continentales présentant des caractéristiques tout à fait comparables à celles du Jurassique supérieur se retrouvent dans les dépôts émergés du Crétacé inférieur (Berriasien – Aptien inférieur/Bédoulien) de la plate-forme jurassienne [Mojon et Médus, 1990 ; Médus et Mojon, 1991].

Les faciès émergés marneux du "Séquanien" du Jura septentrional franco-suisse (Combottes et Chapelle de Vorbourg) ont livré une intéressante association de microfossiles laguno-lacustres [Mojon, 1989b] :

CHAROPHYTES :

Clavatoracées : *Echinochara pecki* (MÄDLER, 1952) GRAMBAST, 1965.

Porocharacées : *Porochara kimmeridgensis* (MÄDLER, 1952) MÄDLER, 1955 emend. MOJON, 1989.

Characées : *Aclistochara bransoni* PECK, 1937 emend. PECK, 1957.

Peckisphaera aff. *verticillata* (PECK, 1937) GRAMBAST, 1962.

OSTRACODES LAGUNO-LACUSTRES :

Cypridea cf. *postelongata* OERTLI, 1956.

Theriosynoecum fluxans (HELMDACH, 1972) – VAN MORKHOVEN, 1963.

Cetacella striata (HELMDACH, 1971a) – SCHUDACK U., 1989.

Timiriasevia mackerrowi BATE, 1965.

Darwinula sp.

Cet inventaire micropaléontologique est très remarquable. Ainsi, *Echinochara pecki* est au Jurassique supérieur la plus ancienne Clavatoracée connue (Oxfordien moyen). Il faut en outre relever que les thalles de ce taxon sont, d'après Mojon et Mouchet [1992], tout à fait similaires à ceux d'*Echinochara spinosa* PECK, 1957 du Kimméridgien–Tithonien (Formation Morrison de l'Ouest des U.S.A.) et que seule la structure des fructifications permet d'établir une distinction entre ces deux espèces [Schudack, 1993].

D'autre part, *Aclistochara bransoni* caractérise également la Formation Morrison de l'Amérique du Nord et n'avait pas été reconnue auparavant en Europe occidentale.

Enfin, *Cypridea* cf. *postelongata* présente une carapace de type très primitif et correspond aux premiers représentants d'âge oxfordien du genre *Cypridea*.

2.2. Description de la coupe des Combottes (fig. 14)

Unités de lever 1 à 10 correspondant globalement à la Formation de Vellerat définie dans le Jura suisse (Oxfordien moyen–supérieur). Les équivalences entre les diverses formations du Jura franco-suisse sont reportées sur la figure 14.

Unité de lever 1 à 9 : Formation de Clerval (1 à 8 : Membre des Calcaires de l'Isle-sur-le-Doubs = Membre des Calcaires de la Vorbourg).

– **Unité de lever 1.** Calcaires micritiques beiges à nombreux bioclastes (gros débris de Coraux plus ou moins recristallisés, débris coquilliers divers : Gastéropodes/Nérinées, Lamellibranches, Brachiopodes, Échinodermes/Crinoïdes). Au sommet, enrichissement en oïdes et intraclastes avec une matrice (ciment) devenant sparitique.

– **Unité de lever 2.** Alternances marno-calcaires. Marnes grises principalement, avec dans la partie inférieure des calcaires micritiques gris à fins débris échinodermiques, quelques oncoïdes, Serpules et Foraminifères benthiques (Miliolles, Lituolidés: *Alveosepta jaccardi*) passant dans la partie supérieure à des calcaires beiges à ciment sparitique et nombreux bioclastes (débris coquilliers).

– **Unité de lever 3.** Calcaires bioclastiques et oolithiques beiges, à gros débris de Coraux et de Stromatopores, débris coquilliers surtout échinodermiques, quelques Serpules et nombreux intraclastes. Matrice/ciment d'abord micritique devenant progressivement sparitique vers le haut.

– **Unité de lever 4.** Alternances marno-calcaires. Marnes grises et calcaires micritiques gris riches en débris coquilliers (Lamellibranches et Échinodermes surtout), avec quelques Miliolles, Serpules, pellets et oïdes, un peu de quartz détritique fin et présence de bioturbations. Ciment localement sparitique.

– **Unité de lever 5.** Calcaires bioclastiques beiges, à texture fine et ciment sparitique, avec nombreux débris coquilliers et échinodermiques, pellets et Foraminifères benthiques (*A. jaccardi*).

– **Unité de lever 6.** Alternances marno-calcaires. Marnes grises et calcaires micritiques gris contenant du quartz détritique fin (partie inférieure) passant dans la partie supérieure à des calcaires bioclastiques à ciment sparitique et débris coquilliers variés (Coraux, Lamellibranches, Échinodermes), des intraclastes, de petits oncoïdes et de rares cailloux noirs millimétriques. Il s'agit là des premières traces d'influences terrestres (insulaires) dans ces faciès de lagon marin d'arrière-récifs.

– **Unité de lever 7.** Calcaires bioclastiques gris à ciment sparitique et débris coquilliers (Coraux, Lamellibranches et Échinodermes), pellets, oïdes, rares cailloux noirs millimétriques et Foraminifères benthiques (Miliolles, *A. jaccardi*).

– **Unité de lever 8.** Partie basale avec alternances marno-calcaires de marnes et de calcaires micritiques gris, riches en quartz détritique fin. L'échantillon marneux 8' a livré quelques Charophytes (*Aclistochara bransoni*), des Ostracodes marins (*Schuleridea triebeli*) et des Foraminifères benthiques (*Alveosepta jaccardi*). Au-dessus, calcaires massifs bioclastiques beiges à texture grossière et ciment sparitique, avec nombreux débris coquilliers plus ou moins recristallisés par la diagénèse (Coraux, Lamellibranches), débris d'Échinodermes et quelques intraclastes micritiques.

– **Unité de lever 9** (Membre des Tidalites de Mouchard = Membre des Marnes à *Natica* ou *Natices*). A la base, marne grumeleuse grise correspondant à l'échantillon 9' avec nombreuses gyrogonites de Charophytes (*Aclistochara bransoni*, milieu pionnier laguno-lacustre) et quelques Foraminifères benthiques (*Alveosepta jaccardi*) passant à des calcaires micritiques gris à pellets, rares ooides, cailloux noirs millimétriques, quelques petits intraclastes, débris de Coraux et d'Échinodermes, quelques Foraminifères benthiques (Miliolles, *A. jaccardi*), puis à des calcaires micritiques à laminations ondulées (tapis algaires).

Au-dessus, calcaires micritiques et marnes de couleur grise avec cailloux noirs et multicolores (intraclastes) millimétriques ainsi que rares Miliolles. Au sommet, couche de marne grise correspondant à l'échantillon 9'' riche en microfossiles continentaux [Mojon, 1989b] tels que Charophytes (*Echinochara pecki*, *Porochara kimmeridgensis*, *Peckisphaera* aff. *verticillata*) et Ostracodes laguno-lacustres (*Cypridea* cf. *postelongata*, *Theriosynoecum fluxans*, *Timiriasevia mackerrowi*, *Cetacella striata*, *Darwinula* sp.), avec quelques rares Foraminifères benthiques (Ataxophragmiidés). Le quartz détritique fin est présent partout et abonde particulièrement dans le dernier niveau laguno-lacustre magnifiquement développé ["intercalation limnique" de Oertli et Ziegler, 1958].

Unité de lever 10 : Formation des Marnes de Besançon = Membre du Hauptmumienbank.

Calcaires micritiques gris à beiges, caractérisés par des oncoïdes millimétriques à centimétriques (nommés "Mumien" ou "momies", larges oncoïdes mesurant jusqu'à 2 cm formés de couches concentriques irrégulières de couleur rougeâtre enrobant de gros bioclastes ou "noyaux" tels que débris de Coraux, Nérinées ou Lamellibranches, particulièrement remarquables dans le niveau indiqué par *). Coquilles entières et nombreux débris coquilliers plus ou moins recristallisés par la diagénèse (Coraux, Gastéropodes: Nérinées et Natices, Lamellibranches, Brachiopodes, Échinodermes), intraclastes à cailloux noirs millimétriques, pellets, ooides et Foraminifères benthiques (Miliolles, *A. jaccardi*), ainsi que présence ponctuelle de Charophytes (thalles, utricules et gyrogonites) et d'Ostracodes. Localement, nombreux *bird's eyes* et fissures de dessiccation périodique (faciès d'estran).

Dans les parties inférieure et supérieure, ciment devenant sparitique. Les niveaux marneux (marnes très plastiques, échantillons 10' et 10'') de couleur grise à verdâtre présentent souvent une base ondulée, noduleuse et discontinue (surfaces d'érosion), et ont livré des Charophytes (*Porochara kimmeridgensis*, débris de thalles d'*Echinochara pecki*) ainsi que des microfossiles marins tels que Foraminifères benthiques: *Alveosepta jaccardi* et *Ammobaculites coprolithiformis* (éch. 10') et débris d'Échinodermes (radioles d'Echinidés).

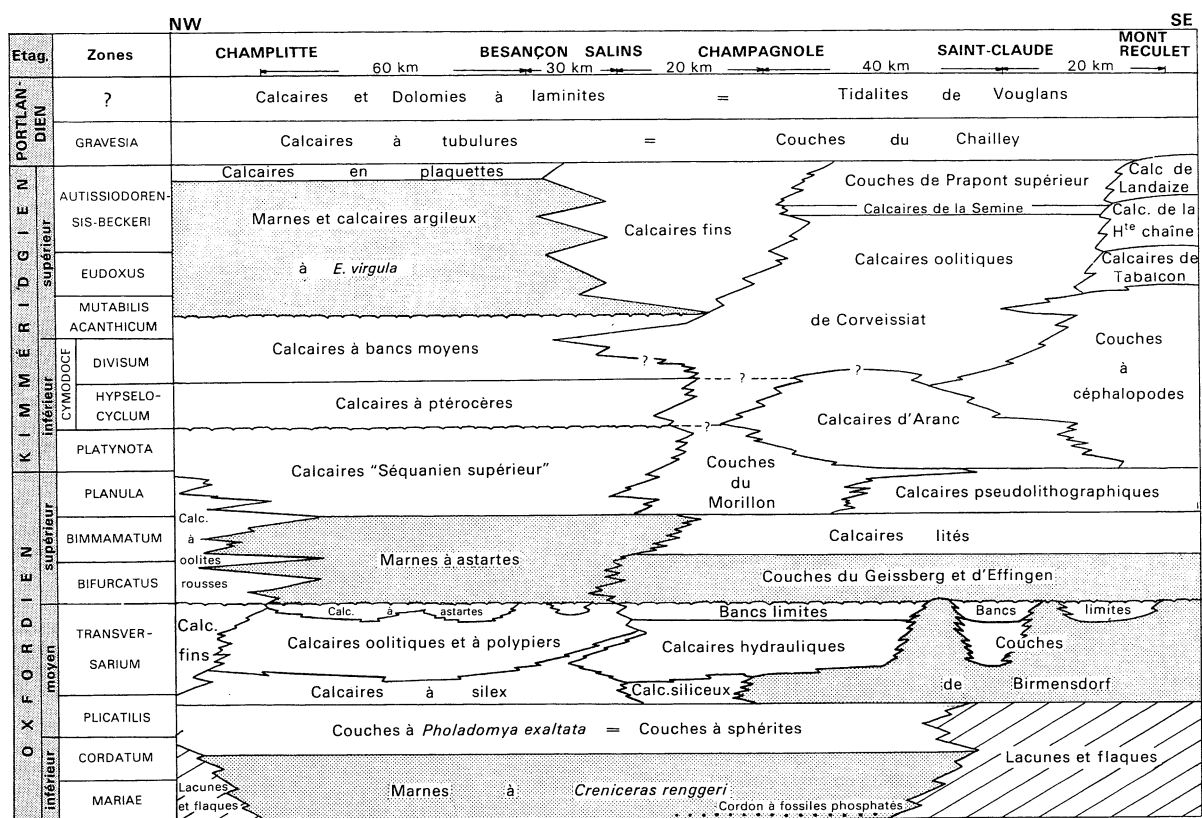
2.3. Kimméridgien – "Portlandien" (Tithonien) (fig. 15 à 18)

D'après Chevallier [1989], le Kimméridgien du Jura correspond à la séquence de dépôt dite ptérocérienne, entre les séquences séquanienne (Oxfordien) et virgulienne (Portlandien). Des horizons émergifs toujours très réduits (10-20 cm) de brèches ou de marnes vertes conglomératiques à galets noirs et parfois chenalisées, des calcrêtes (paléosols) ainsi que des calcaires lacustres micritiques et blanchâtres à Charophytes (Porocharacées) et Ostracodes marquent d'importantes discontinuités au sein des calcaires massifs du Kimméridgien du Jura septentrional (figs 12 et 16).

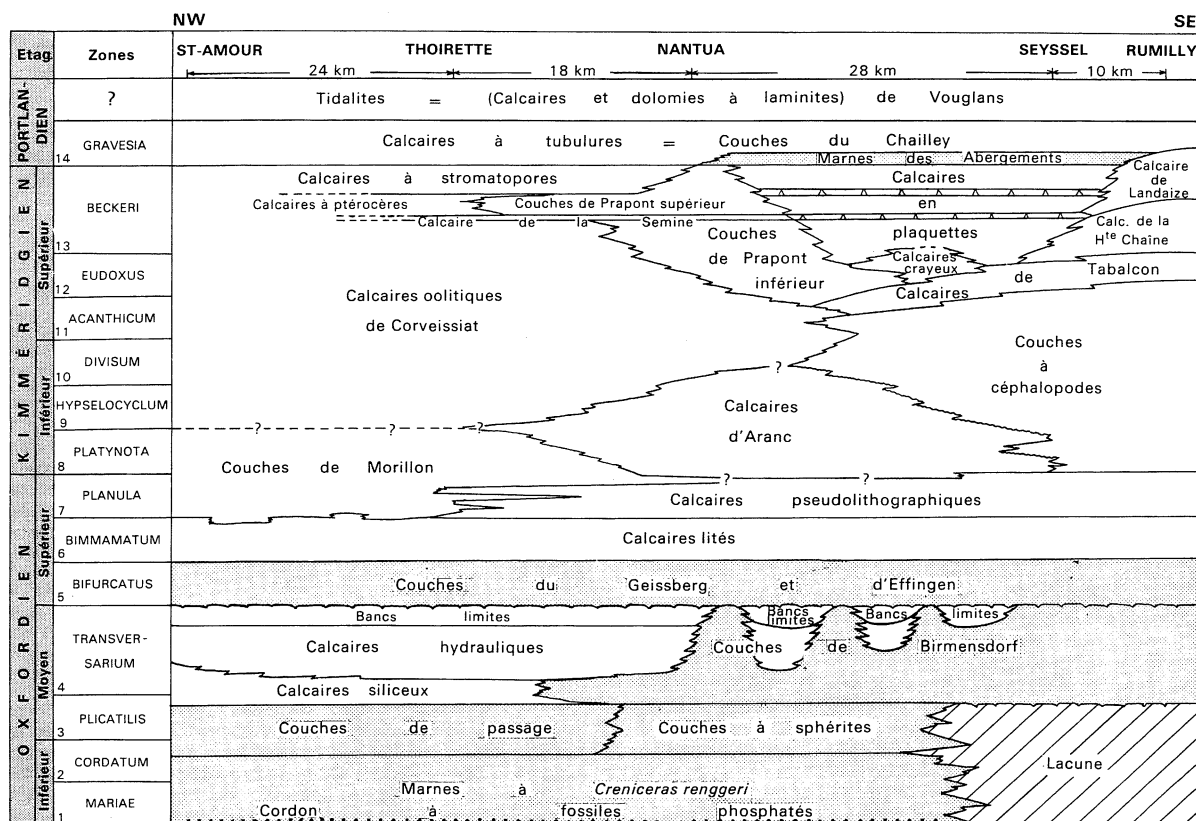
Traitées par lavage-tamassage, les marnes vertes n'ont pas livré de microfossiles, mais les calcaires lacustres contiennent par contre des gyrogonites de *Porochara kimmeridgensis* et des carapaces d'Ostracodes. Ces niveaux émergifs intercalés dans des faciès marins correspondent à des dépôts margino-littoraux (faciès d'estran inter- à supratidaux) placés au sommet de petites séquences à bathymétrie décroissante de type *shallowing-upward* et reposent parfois sur des faciès de plage à structures sédimentaires remarquables dans le cas de dépôts carbonatés (fig. 17).

Très localement dans le Jura méridional (Cerin, Orbagnoux), des découvertes remarquables de Dinosaures et de végétaux continentaux ont été effectuées au sein de dépôts lagunaires [Bernier *et al.*, 1985].

Dans le Jura central et septentrional franco-suisse, les horizons émergifs du Kimméridgien peuvent être datés par encadrement grâce aux Ammonites signalées par Gygi et Persoz [1986] et Chevallier [1987]. Ainsi, un premier horizon érosif à cailloux noirs est localisé régionalement à la base du Kimméridgien (Zone à *Platynota*) ou Formation de Reuchenette [Thalmann, 1966] du Jura suisse. Cet horizon n'a pas d'équivalent connu dans le Jura français et correspond probablement à une discontinuité émergitive locale liée à la migration de récifs coralliens (îles disséminées au sein d'un lagon protégé), qui se retrouve au nord de la carrière de Reuchenette (Jura bernois) dans la coupe des Hautes-Roches (fig. 18) où elle est représentée par un niveau riche en Charophytes telles que *Echinochara pecki* et *Porochara kimmeridgensis* [Mojon et Mouchet, 1992].



A



B

FIG. 15.— Schémas synthétiques du Malm du Jura français (A, Jura septentrional et central ; B, Jura méridional), d'après Enay, Bernier et Contini [in Debrand-Pasard et al., 1984].

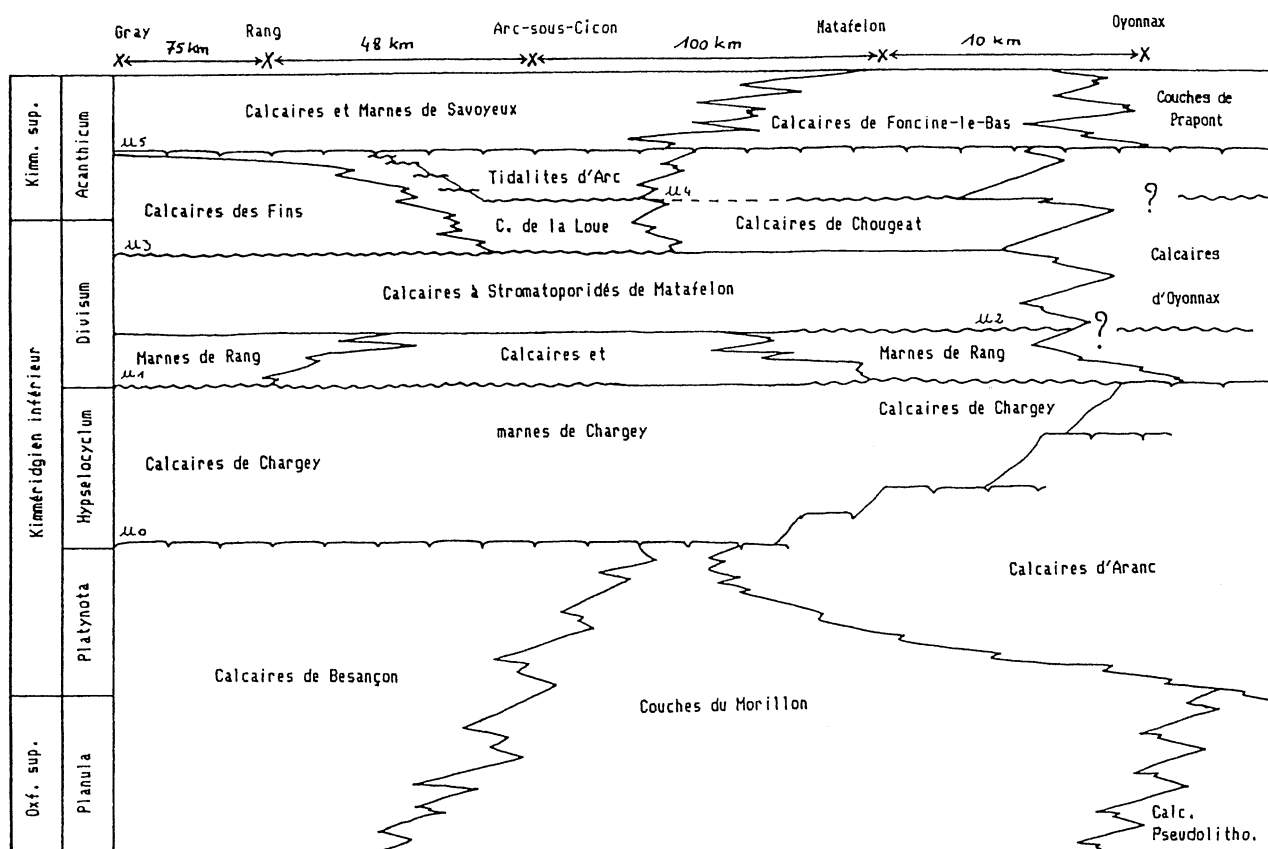


FIG. 16.— Schéma synthétique de l'Oxfordien supérieur-Kimméridgien du Jura français septentrional, d'après Chevallier [1989].

Plus haut, la partie supérieure de la Formation de Reuchenette présente deux niveaux très rapprochés de fentes de dessiccation ou *mud-cracks*, qui peuvent être placés au niveau de la limite Kimméridgien inférieur/supérieur grâce aux Ammonites de la Zone à *Acanthicum* récoltées dans les Marnes du Banné directement sus-jacentes [Gygi et Persoz, 1986]. Au Col des Roches (Jura neuchâtelois), ces Marnes du Banné définies par Thurmann [1832] sont particulièrement riches en Lituolidés très caractéristiques [Hottinger, 1967] tels que *Alveosepta jaccardi* et *Everticyclammina virguliana*.

Dans le Jura français, cette discontinuité émergisse majeure entre le Kimméridgien inférieur et supérieur est bien développée [Chevallier, 1989 ; Mouchet, 1998] et correspond à des lentilles bréchiques et conglomératiques [= brèches à cailloux noirs et calcrête ou "croûte zonaire" in Mattauer, 1958a] dans la partie supérieure des Calcaires de la Loue (calcaires biodétritiques grossiers, biosparite lumachelique). Au-dessus, ceux-ci sont recouverts par les Tidalites d'Arc-sous-Cicon (calcaires micritiques à *bird's eyes* correspondant à des dépôts intertidaux d'estran vaseux) et les Marnes de Savoyeux (équivalent latéral des Marnes du Banné) également datées par des Ammonites du Kimméridgien supérieur (Zone à *Acanthicum*). Ce premier élément de datation, ainsi que les Ammonites des Zones à *Hypselocyclum* et à *Divisum* récoltées dans les Calcaires

et Marnes de Chargey situés stratigraphiquement environ 15 m sous les Calcaires de la Loue, placent donc ces derniers au sommet du Kimméridgien inférieur et à la base du Kimméridgien supérieur (Zones à *Divisum* et à *Acanthicum*).

Enfin, la partie supérieure de la Formation de Reuchenette du Jura suisse a livré une Ammonite au niveau des "Calcaires à Tortues" ("Schildkrötenkalke") des carrières de Soleure, qui permet d'attribuer ceux-ci à la partie inférieure du Kimméridgien supérieur [Thalmann, 1966]. En effet, cette Ammonite a d'abord été déterminée comme *Aulacostephanus (Pararasenina) quenstedti* DURAND et correspond en fait d'après une synonymie établie par Arkell [1935] à *Aulacostephanus pseudomutabilis* (DE LORIOL), dont l'extension chronostratigraphique (ancienne Zone à *Pseudomutabilis*) couvre la Zone à *Acanthicum* et la partie inférieure de la Zone à *Eudoxus*. Cette découverte est importante, car les discontinuités émergisses marneuses à traces de Dinosaures reconnues par Meyer [1989, 1990] et à gyrogonites de Charophytes (*Porochara kimmeridgensis*) récoltées localement par Thalmann [in Mojon et Mouchet, 1992] sont placées juste sous les "Calcaires à Tortues" et marquent ainsi le passage Kimméridgien inférieur-supérieur comme dans le cas des discontinuités émergisses équivalentes des Calcaires de la Loue du Jura français septentrional.

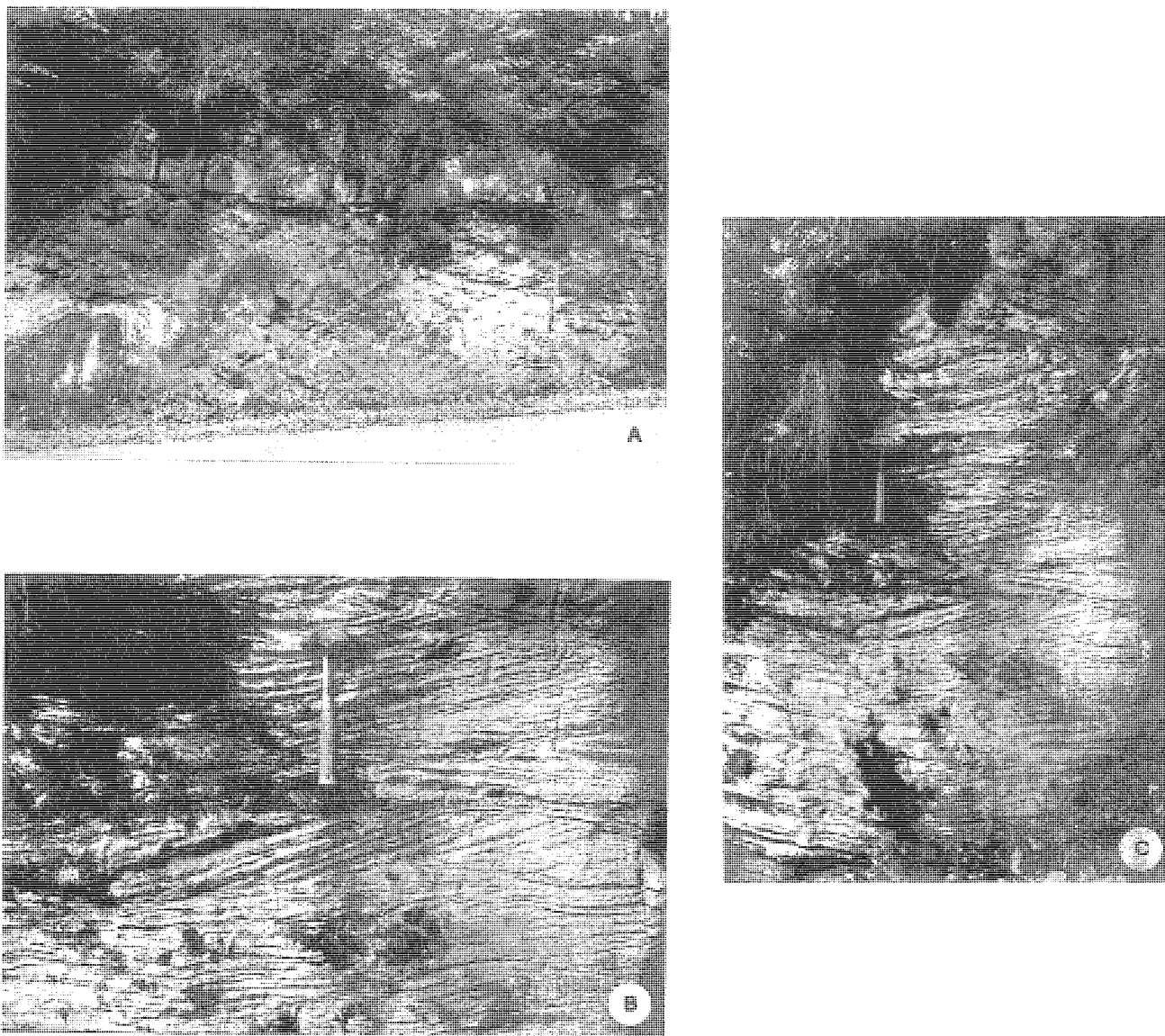
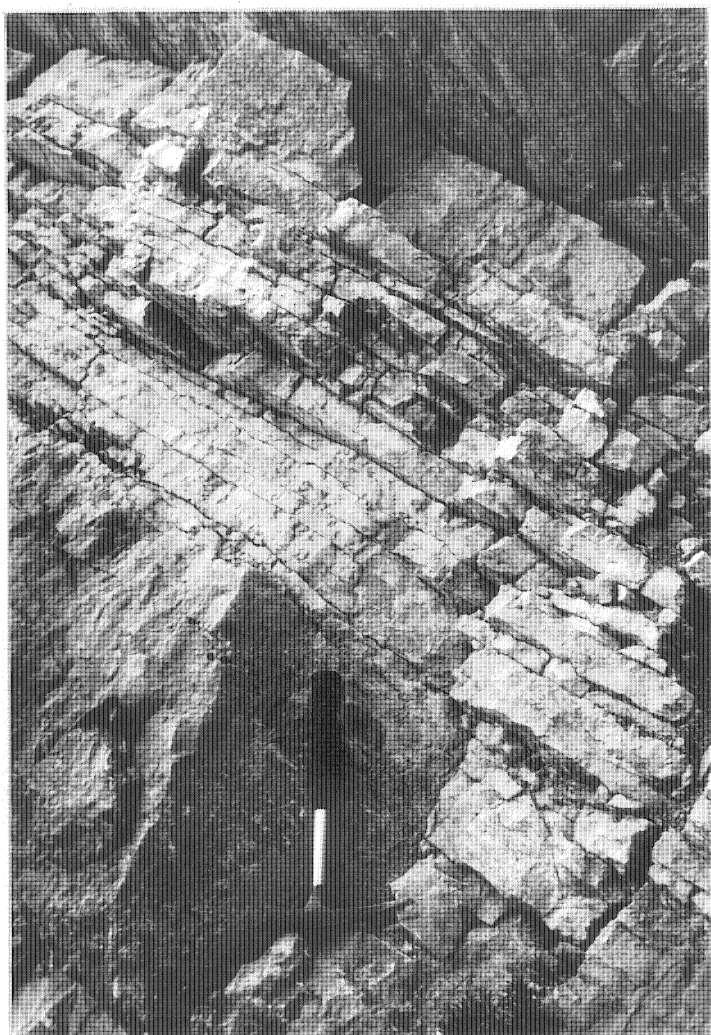


FIG. 17.— Faciès émerifs du sommet des Calcaires de la Loue [Chevallier, 1989], partie supérieure du Kimméridgien inférieur du Jura français septentrional. Coupe le long de la route des Gorges de la Loue, entre Ornans et Pontarlier (Département du Doubs, France). D'après Mojon [1989b].

A : vue générale de la discontinuité émerive et érosive placée sous la petite barre calcaire dans la partie centrale de la photo [in Chevallier, 1987 ; in Mouchet, 1998] et recouvrant un faciès de plage correspondant à la limite Kimméridgien inférieur/supérieur (limite approximative entre les Zones à *Divisum* et à *Acanthicum*). Cette discontinuité correspond à un horizon décimétrique (10 à 20 cm) de marnes vertes bréchiques et conglomératiques contenant de gros cailloux noirs ainsi que des galets de calcrêtes (paléosols, faciès terrestres) et de calcaires lacustres à *Porochara kimmeridgensis* (wackestone) remaniés. Ce niveau émerif est recouvert par les micrites à *bird's eyes* (faciès d'estran vaseux) des Tidalites d'Arc-sous-Cicon [Chevallier, 1989].

B-C : stratifications obliques tabulaires correspondant à la migration de petites mégarides à crêtes droites, dont l'entrecroisement (arrangement bipolaire en *herring-bone*) traduit une sédimentation dominée par des courants de marée alternatifs (bimodaux) de force plus ou moins égale. Il s'agit d'un faciès de plage correspondant à un milieu de dépôt subtidal peu profond (*shoreface* ou avant-côte) formant une zone de passage entre le subtidal plus profond (*offshore* ou arrière-côte) et l'intertidal (*foreshore* ou avant-plage). Le microfaciès bioclastique, de granulométrie très grossière et à ciment sparitique, résulte d'une accumulation de débris coquilliers (lumachelle à Lamellibranches) profondément diagénétisée par des eaux douces d'infiltration (émersion des dépôts immédiatement sus-jacents), où la proximité des terres émergées est attestée par la présence de rares galets noirs (dépôts supratidaux remaniés). Le marteau (31,5 cm) donne l'échelle.



LAGON RESTREINT

← marnes vertes (érodées)

niveau laguno-lacustre à Gastéropodes
et Charophytes

← horizon dolomitisé

tapis

ESTRAN

algaires

LAGON RESTREINT

FIG. 18.— Coupe des Hautes-Roches (Jura suisse septentrional), partie basale de la Formation de Reuchenette (Kimméridgien basal, Zone à *Platynota*). Première séquence majeure à bathymétrie décroissante marquant la limite Oxfordien/Kimméridgien, caractérisée par des faciès margino-littoraux de lagon restreint (subtidal peu profond) et d'estran (intertidal à supratidal) à tapis algaires plus ou moins dolomitisés, organismes laguno-lacustres (niveau bioturbé à Gastéropodes, Charophytes et rares Ostracodes) et marnes vertes (presque totalement érodées). Le marteau (31,5 cm) donne l'échelle. D'après Mojon et Mouchet [1992].

Vers le sud de la plate-forme jurassienne, les faciès émergifs margino-littoraux du Kimméridgien du Jura septentrional franco-suisse passent aux Couches à Céphalopodes (faciès profonds) du Jura méridional (fig. 15 A, B).

Dans le Jura français méridional (fig. 15 B), une importante discontinuité émergitive se développe sur les récifs coralliens de St-Germain-de-Joux [Mojon, 1989b]. On observe successivement au-dessus des massifs coralliens en place [Davaud, 1985] : dépôts oolithiques de lagon marin et de plage (grainstone avec *keystone vugs*), levée de plage conglomératique (rudstone correspondant à une tempestite à débris de Coraux et grandes Nérinées), calcaire à oncoïdes micritisés (packstone) de flaque saumâtre intertidale, avec au sommet des fissures de dessiccation (*mud-cracks*) et la brèche conglomératique d'émersion à galets noirs directement recouverte par les Couches du

Chailley [Enay, 1965] constituées de tapis algaires intertidaux (mudstone) puis de calcaires subtidaux de lagon marin (packstone) à Dasycladacées (*Campbelliella striata*, *Clypeina jurassica*). La série corallienne constitue les Couches de Prapont [Bernier, 1984] attribuées au Kimméridgien supérieur par Enay [1965, 2000]. Ainsi, les récifs (Couches de Prapont inférieures) se rapportent à la Zone à *Eudoxus*, alors que les niveaux émergifs et insulaires (*in situ* Calc. de la Semine, latéralement Couches de Prapont sup. d'avant-récifs) se rattachent à la Zone à *Beckeri*. La discontinuité reconnue ici marque le sommet de la séquence régressive A de Bernier [1984] d'âge kimméridgien supérieur, les Couches du Chailley représentant le "Portlandien" (Tithonien) étant attribuées à la Zone à "*Gravesia*"/*Hybonotum* [Enay, 1966] et au sommet de la Zone à *Beckeri* [Enay, 2000]. L'horizon émergif principal correspond à une brèche conglomératique

dolomitisée (dolomitisation en gros rhomboèdres) riche en gros galets noirs souvent calcrétisés (Pl. 60, fig. C), qui a livré de nombreux microfossiles marins caractéristiques décrits et figurés dans Bernier [1984] :

HYDROZOAIRE : *Cladocoropsis mirabilis* FELIX, 1907.

DASYCLADACÉES : *Clypeina jurassica* FAVRE, 1927.

FORAMINIFÈRES BENTHIQUES :

Lituolidés : *Labyrinthina mirabilis* WEYNSCHENK, 1951.
Alveosepta jaccardi (SCHRODT, 1854) – HOTTINGER, 1967.

Pavonitidés : *Kurnubia palastiniensis* HENSON, 1948.

Kilianina rahonensis FOURY & VINCENT, 1967.

Biokovinitidés : *Parurgonina caelinensis* CUVILLIER, FOURY & PIGNATTI MORANO, 1968.

Ataxophragmiidés : *Valvulina* aff. *lugeoni* SEPTFONTAINE, 1977a.

Parmi ces Foraminifères benthiques, *Parurgonina caelinensis* en particulier indique d'après Bernier [1984] un âge kimméridgien supérieur terminal. D'autre part, ce niveau émergissant s'étend vers le nord jusque dans le Jura central où Mattauer et Rollet [1959] ont signalé une brèche à cailloux noirs identique au sommet des récifs coralliens du Kimméridgien supérieur bien visibles à Valfin, à 5 km au nord de St-Claude.

La discontinuité émergissante coiffant le récif d'âge kimméridgien supérieur de St-Germain-de-Joux se retrouve jusqu'en Europe orientale [Slovénie ; Strohmenger *et al.*, 1991] et est à mettre en relation avec la partie basale du "Portlandien" (Tithonien) du Jura, Tidalites de Vouglans [Bernier, 1984] du Salève [Mojon, 1988a ; Strasser, 1988a] et Formation de Twannbach du Jura neuchâtelois, où des niveaux émergissants [calcaire lacustre *in* Persoz et Remane, 1973 ; brèches à cailloux noirs *in* Mojon et Blanc, 1998] sont superposés au fameux "banc à Nérinées" du Jura central ["Grenznerineenbank" ; Thalmann, 1966] correspondant à un milieu particulier de lagon peu profond agité par de forts courants et formant ainsi un niveau-repère écostratigraphique régional [Dauwalder et Remane, 1979] d'âge kimméridgien terminal marquant la limite classique entre le Kimméridgien et le "Portlandien" (Tithonien) dans cette partie du Jura.

Les dépôts portlandiens du Jura nommés ainsi par Thurmann [1832] par référence à la "Portland Stone" du Sud de l'Angleterre (Dorset ; cf. chap.9, § 1., p. 212) correspondent en général à des faciès marins peu profonds, devenant évaporitiques et émergissants dans leur partie supérieure. Cette évolution sédimentaire résulte de la régression marine fini-jurassique qui précède le dépôt des assises purbeckiennes.

Dans le Jura central, le "Portlandien" (Tithonien) correspond à la Formation de Twannbach définie dans le Jura suisse occidental par Häfeli [1966] et dont la majeure partie est constituée de calcaires massifs à fossiles marins : Nérinées, Dasycladacées dont en particulier *Campbelliella striata* (CAROZZI) BERNIER,

1974, Ostracodes [Oertli, 1959a] dont *Macrodentina* (*Macrodentina*) *klingleri* MALZ et *Hechtiocythere sigmoidea* (STEGHAUS), ainsi que de rares Céphalopodes et restes de Vertébrés. Ce faciès de lagon marin est souvent fortement bioturbé par des terriers de Crustacés fouisseurs (calcaires à "tubulures") et est par ce caractère tout à fait comparable aux Couches du Chailley du Jura méridional.

Par contre, la partie supérieure de la Formation de Twannbach est constituée par des assises poreuses d'aspect dolomitique à tapis algaires, fentes de dessiccation (*mud-cracks*) et niveaux à coprolithes de Crustacés nommées *Favreina salevensis* (PARÉJAS, 1948) – BRÖNNIMANN, 1955 (Pl. 59, fig. B). Ces faciès confinés essentiellement marno-calcaires (parfois rubéfiés) et d'aspect dolomitique se rapportent à un estran côtier soumis à une forte évaporation. Toutefois, l'analyse minéralogique a montré l'absence presque complète de dolomite [Häfeli, 1966], qui a disparu au cours de transformations diagénétiques (dédolomitisation) et a été remplacée par de la calcite. C'est donc d'après leur texture poreuse rappelant une minéralogie dolomitique primaire que les anciens auteurs [De Loriol et Jaccard, 1865 ; Maillard, 1884a] ont choisi le terme de "Dolomies portlandiennes". De même, des textures rappelant celle de l'anhydrite massive (*chickenwire*) ou du gypse fibreux visibles au sommet du "Portlandien" dans la région de Neuchâtel (Gorges du Seyon, près de Valangin) ont été complètement diagénétisées et remplacées par de la calcite.

Dans le Jura méridional, les faciès récifaux d'âge kimméridgien supérieur à tithonien inférieur [Détraz et Steinhäuser, 1988 ; Détraz et Mojon, 1989 ; Deville, 1990 ; Enay et Boullier, 2000] isolent le lagon du Jura central et résultent des étapes de la migration des récifs coralliens, déjà mise en évidence par Choffat [1885], vers le sud-ouest de la plate-forme jurassienne entre l'Oxfordien moyen (Jura septentrional) et le Berriasien inférieur (l'Echaillon près de Grenoble, Chaînes subalpines septentrionales). Ces faciès coralliens caractéristiques de la Haute-Chaîne du Jura sont recouverts par les Couches du Chailley traduisant un milieu de dépôt calme de plate-forme interne. Au-dessus mais aussi latéralement, les Tidalites de Vouglans correspondent en général à une sédimentation d'estran sous influence de marées (*tidal flat*). Très comparables à ceux de la base du Purbeckien du Jura méridional dont ils représentent probablement une part importante et indissociable, les faciès des Tidalites de Vouglans sont variés [Bernier, 1984 ; Strasser, 1988a] :

– Dépôts de lagon marin (packstone à grainstone) à foraminifères benthiques (Trocholines, Miliolines, Ataxophragmiidés/"Valvulines", Lenticulines, Discorbiidés : "*Conicospirillina*" *basiliensis* MOHLER, 1938 ; divers Lituolidés dont *Nautiloculina oolithica* MOHLER, 1938 – BRÖNNIMANN, 1967), Dasycladacées [Carozzi, 1955 ; Bernier, 1984], intraclastes, ooides et oncoïdes.

– Dépôts de plage (grainstone) avec *keystone vugs* et accumulations locales de grands Lituolidés comme *Anchispirocyclina lusitanica* (EGGER) signalées par Mojon [1988a ; ce travail : Pl. 58, fig. C].

– Dépôt d'estran carbonaté (mudstone) avec tapis algaïres souvent dolomitisés (*algal marsh*) et présentant parfois des pseudomorphoses d'évaporites [Chevallier et Strasser, 1985].

– Dépôt émergifs supratidaux, érosifs et discontinus. Marnes vertes à galets noirs pédogénétisés [Chevallier et Strasser, 1985] et intercalations lagunaires dessalées (wackestone, marnes "dolomitiques" jaunâtres) à Charophytes, Ostracodes et Gastéropodes [Persoz et Remane, 1973 ; Mojon, 1988a ; Mojon *in* Blondel, 1990]. De tels horizons émergifs sont toutefois relativement peu fréquents au sein des Tidalites de Vouglans du Jura méridional et de la Formation de Twannbach du Jura central. Ces niveaux disséminés ont livré quelques microfossiles laguno-lacustres tout à fait identiques à ceux des faciès purbeckiens sus-jacents (chap. 3, § 1.3) :

CHAROPHYTES (Pl. 58, fig. A-B) :

Clavatoracées : thalles de *Clavator reidi*.

Porocharacées : gyrogonites de *Porochara fusca*.

OSTRACODES : *Fabanella boloniensis*.

GASTÉROPODES : *Provalvata* sp.

Un âge tithonien inférieur (Zone à "*Gravesia*" / *Hybonotum* a pu être attribué aux Couches du Chailley et à la partie inférieure de la Formation de Twannbach grâce aux rares Ammonites sub-boréales du genre *Gravesia* qui y ont été récoltées [Enay, 1966, 2000 ; Häfeli, 1966]. Toutefois, la corrélation basée sur les discontinuités émergives plus ou moins bien développées à la limite Kimméridgien-"Portlandien" (Tithonien) du Jura central et méridional pose un problème d'ordre chronostratigraphique et paléogéographique. En effet, au Salève, les Couches du Chailley qui devraient normalement recouvrir le récif corallien d'âge tithonien inférieur sont absentes [Enay et Boullier, 2000]. Ainsi, conformément aux observations de Bernier [1984] relatives au développement très inégal des Couches du Chailley et des Tidalites de Vouglans dans le Jura méridional, la limite entre ces deux formations doit être considérée comme hétérochrone au sein de la Zone à "*Gravesia*" / *Hybonotum*, les Tidalites n'équivalant donc que partiellement à la partie supérieure "dolomitique" de la Formation de Twannbach [Tithonien supérieur *in* Détraz et Mojon, 1989]. D'autre part, l'épaisseur maximale des Tidalites de Vouglans enregistrée au Salève peut être attribuée à un haut-fond protégeant une vaste lagune confinée recouvrant au nord-est la plate-forme jurassienne. Ce haut-fond correspond probablement à l'installation du cordon insulaire de la base du Purbeckien mis en évidence dans le Jura méridional par Davaud *et al.* [1983].

2.4. Remarques sur les Ostracodes du Dogger-Malm de la Bourgogne et du Jura

La faune d'Ostracodes laguno-lacustres du Bathonien de la Bourgogne et de l'Oxfordien du Jura septentrional franco-suisse [Mojon, 1989b ; Pl. 6] est peu diversifiée, peu abondante et surtout trop mal conservée pour pouvoir faire l'objet d'une étude systématique très détaillée.

D'après la synthèse de Colin [1997] sur les Ostracodes limniques du Jurassique européen, *Fabanella bathonica* et *Klieana levis* sont des formes de milieu saumâtre [Dépêche, 1984], qui caractérisent les horizons émergifs du Bathonien de Bourgogne et sont bien connus ailleurs en France dans d'autres dépôts laguno-lacustres du Bathonien : Poitou [Bernard *et al.*, 1956], Boulonnais [Oertli, 1957b], Causses du Quercy et Grands-Causses [Dépêche, 1969, 1984, 1985 ; Rohr, 1976 ; Andreu *et al.*, 1999], Cévennes [Bernier et Neumann, 1970], Provence [Babinot *in* Dépêche, 1985].

En ce qui concerne les Ostracodes plus franchement lacustres, le genre *Darwinula* et *Timiriasevia mackerrowi* sont présents dans le Bathonien de l'Angleterre [Bate, 1965 ; Clements, 1974] ainsi que l'Oxfordien-Kimméridgien de la Péninsule ibérique avec *Theriosynoecum fluxans* et *Cetacella striata* [Portugal : Helmdach, 1971a, 1971b ; Espagne: Brenner, 1976], la dernière espèce citée ayant également été récoltée dans le Kimméridgien de l'Allemagne du Nord [Schudack U., 1989, 1994]. Il faut relever ici que les carapaces de *Cetacella striata* de l'Oxfordien du Jura septentrional présentent une costulation atténuée d'origine taphonomique, soit à la suite d'une mauvaise conservation (processus diagénétique) ou alors d'une usure (polissage) par transport et/ou agitation du milieu de dépôt (processus biostratinomique).

Theriosynoecum fluxans est localement abondant dans l'Oxfordien du Jura septentrional (Chapelle de Vorbourg) et se caractérise par le développement fréquent de petits tubercules sur les valves de la carapace, ce qui le rapproche de *Theriosynoecum* ("*Bisulcocypris*") sp. B du Bathonien anglais [Bate, 1965] et de *Theriosynoecum planiverrucosa* (KLINGLER) de l'Oxfordien terminal-Kimméridgien inférieur de l'Allemagne du Nord refiguré par Schudack U. [1994]. Concernant la nomenclature utilisée pour ce taxon, il faut rappeler ici que beaucoup de formes du genre *Bisulcocypris* sont assimilables aux stades juvéniles du genre *Theriosynoecum* d'après Van Morkhoven [1963] ainsi que Colin et Danielopol [1980]. Toutefois, ces deux genres sont néanmoins à distinguer clairement selon Pinto et Sanguinetti [1962, 1984] et Schudack U. [1994].

Enfin, les dépôts limniques de l'Oxfordien du Jura français septentrional (Combottes) ont livré quelques carapaces attribuables au genre typiquement dulçaquicole *Cypridea*. Il s'agit d'une espèce probablement

nouvelle, mais trop rare et trop mal conservée pour permettre une détermination plus précise et la création d'un nouveau taxon. Toutefois, sur la base d'une certaine ressemblance, ce matériel comprenant trois carapaces (une adulte et deux juvéniles) semble apparenté à *Cypridea postelongata* du Bathonien du Poitou [Bernard *et al.*, 1956] d'après la forme générale triangulaire des carapaces (élargies à l'avant et s'amincissant vers l'arrière), qui présentent une surface finement ponctuée et striée longitudinalement ainsi qu'une ébauche à peine perceptible de rostre antéro-ventral chez l'adulte. Ces *Cypridea* primitifs sont jusqu'à présent les premiers à être signalés dans l'Oxfordien.

Par sa composition, la faune d'Ostracodes lacustres de l'Oxfordien du Jura septentrional présente une affinité bathonienne et kimméridgienne qui la distingue clairement des faunes laguno-lacustres du Jurassique terminal ["Portlandien" de l'île d'Oléron ; Donze, 1960] et de la limite Jurassique/Crétacé [faciès purbeckiens ; Colin et Oertli, 1985 ; Anderson, 1985] de l'Europe occidentale, nettement plus évoluées (*Cypridea* spp. avec un rostre beaucoup mieux développé) et diversifiées (environ une dizaine d'espèces d'Ostracodes laguno-lacustres pour le Dogger-Malm par rapport à une trentaine pour les faciès purbeckiens).

En ce qui concerne les Ostracodes marins du Kimméridgien-"Portlandien" (Tithonien) du Jura, quelques précisions d'ordre taxonomique sont nécessaires. Tout d'abord, il faut relever que *Macrodentina* (*Macrodentina*) *klinglei* MALZ, 1958 correspond probablement aux formes mal conservées du "Portlandien inférieur" du Jura suisse septentrional attribuées par Oertli [1959a] à *Macrodentina* (*Polydentina*) aff. *wicheri* (STEGHAUS, 1951), qui est une forme un peu plus ancienne [Kimméridgien ; Schudack U., 1994]. De même, le matériel mal conservé du Kimméridgien moyen-"Portlandien inférieur" du Jura suisse septentrional attribué par Oertli [1959a] à *Hechticythere sigmoidea* (STEGHAUS) – SCHUDACK U., 1994 pourrait se rapporter en partie aussi à *Hechticythere bireticulata* (MALZ) – *ibid.*, d'après la forme allongée s'amincissant vers l'arrière des valves dont l'usure ne permet toutefois pas d'observer la double réticulation (grosses mailles subdivisées par un cloisonnement secondaire) caractéristique de cette dernière espèce. Cette remarque semble aussi plus logique au point de vue chronostratigraphique, *H. reticulata* se rattachant à la Zone à "*Gravesia*"/*Hybonotum* (Couches à *Gravesia gigas* de l'île d'Oléron et du Bassin parisien, Tithonien inférieur-moyen) à laquelle est attribuée la partie inférieure du "Portlandien" du Jura franco-suisse, alors que *H. sigmoidea* a une extension plus large jusque vers la base du Kimméridgien [Oertli, 1957a].

2.5. Conclusions sur le Jurassique moyen-supérieur

Les dépôts émergifs du Bathonien de la Bourgogne et de l'Oxfordien-Kimméridgien du Jura franco-suisse représentés par des faciès laguno-lacustres à Charophytes, Ostracodes et galets noirs correspondent à d'importantes discontinuités émergives, qui peuvent être datées par encadrement grâce à des Ammonites et attribuées au Bathonien inférieur-moyen (Zones à *Zigzag* et à *Subcontractus*), à l'Oxfordien moyen-supérieur (Zones à *Bifurcatus* et à *Bimammatum*), ainsi qu'aux limites Kimméridgien inférieur/supérieur (Zones à *Divisum* et à *Acanthicum*) et Kimméridgien/"Portlandien" (Zone à *Beckeri*, Zone à "*Gravesia*"/*Hybonotum* du Tithonien). Dans le Jura, la datation relativement précise des discontinuités de l'Oxfordien-Kimméridgien permet aussi de replacer dans un contexte stratigraphique beaucoup plus précis la liste exhaustive des horizons émergifs du Malm répertoriés par Bulle *et al.* [1968].

D'après les indices d'émergences généralisées caractérisant les plates-formes carbonatées de l'Europe occidentale au Jurassique moyen-supérieur, les dépôts émergifs du Bathonien de la Bourgogne et de l'Oxfordien-Kimméridgien du Jura correspondent à d'importantes régressions marines corrélables avec la courbe "eustatique globale" de Haq *et al.* [1987, 1988], qui indique des variations négatives de grande ampleur du niveau marin vers -161,5 Ma (= millions d'années) au Bathonien inférieur-moyen, -146,5 Ma à l'Oxfordien moyen-supérieur, -142 Ma à la limite Kimméridgien inférieur/supérieur et -138 Ma à la limite Kimméridgien/Tithonien.

Concernant les Charophytes, l'étude des Porocharacées récoltées dans le Dogger-Malm de la Bourgogne et du Jura autorise, sur la base de l'important polymorphisme mis en évidence chez les Porocharacées et les Characées fossiles des milieux lagunaires saumâtres du Mésozoïque [Mojon, 1989a, 1989b], une révision et une simplification de la taxonomie de certaines espèces jurassiques des genres *Porochara* et *Aclistochara* (*Porochara sublaevis* du Bathonien, *Porochara kimmeridgensis* et *Aclistochara bransoni* de l'Oxfordien-Kimméridgien). D'autre part, la flore de Charophytes du Bathonien de Bourgogne et de l'Oxfordien du Jura septentrional caractérisée par *Porochara sublaevis*, *Echinochara pecki*, *Porochara kimmeridgensis*, *Aclistochara bransoni* et *Peckisphaera* aff. *verticillata* présente une grande affinité avec celle mise en évidence par Peck [1957] dans les dépôts continentaux du Jurassique supérieur de l'Ouest des U.S.A. et traduit ainsi la probabilité de communications terrestres entre l'Amérique du Nord et l'Europe occidentale ayant permis des échanges floristiques et fauniques avant l'ouverture de l'Océan atlantique à l'Oxfordien-Kimméridgien vers -140 Ma [Barron *et al.*, 1981 ; Mojon, 1989b ; Pérez-Moreno *et al.*, 1999].

Au sujet des Ostracodes [Colin, 1997], les formes saumâtres récoltées dans le Bathonien de la Bourgogne (*Fabanella bathonica*, *Klieana levis*) sont très caractéristiques et bien connues dans de nombreux autres gisements d'âge bathonien. Enfin, la faune d'Ostracodes lacustres de l'Oxfordien du Jura septentrional (*Cypridea* cf. *postelongata*, *Therio-*

synoecum fluxans, *Timiriasevia mackerrowi*, *Cetacella striata*, *Darwinula* sp.) est, par son aspect primitif, beaucoup plus comparable à celle des horizons émergifs du Dogger-Malm qu'à celles déjà nettement différentes et plus évoluées du Jurassique terminal ou des faciès purbeckiens du Crétacé basal de l'Europe occidentale.

Chapitre 3

STRATIGRAPHIE ET SÉDIMENTOLOGIE DES COUPES DU CRÉTACÉ INFÉRIEUR

1.– FACIÈS PURBECKIENS (BERRIASIEN INFÉRIEUR–MOYEN) DU JURA (fig. 19 à 37)

1.1. Généralités

Durant le Berriasien, la plate-forme jurassienne a été affectée par deux épisodes émergifs majeurs, qui se traduisent par l'important développement de dépôts margino-littoraux d'estran carbonaté de type purbeckien ou siliciclastique de type wealdien. Ces dépôts purbecko-wealdiens ont été ainsi nommés d'après le critère lithologique représenté par l'absence ou la présence de quartz détritique, qui permet d'emblée d'établir un rapprochement chronostratigraphique approximatif avec les faciès-types du domaine boréal tels que le Purbeckien [Purbeck Beds : Volgien sup.–Ryazanien = Berriasien *in* Casey, 1974] et le Wealdien [Hastings Beds : Valanginien *in* Batten, 1973b ; Weald Clay : Hauterivien–Barrémien *in* Batten, 1973a] du Sud de l'Angleterre. Ces corrélations peuvent être affinées grâce aux Clavatoracées (Charophytes) et aux Ostracodes lacustres du genre *Cypridea* d'une importance biostratigraphique capitale pour caractériser les dépôts purbecko-wealdiens des domaines téthysien et boréal [Anderson, 1974].

Du nord au sud de la plate-forme jurassienne, les dépôts purbeckiens ont une vaste extension, mais présentent des différences notables d'épaisseur et de faciès. Ainsi, les faciès émergifs de l'Unité Inférieure Oolithique sont restreints au Jura central franco-suisse. Plus au nord, dans le Jura français septentrional (Franche-Comté), le Purbeckien est présent mais se réduit à quelques mètres (2 à 10 m environ) de dépôts plutôt continentaux tels que brèches conglomératiques et marnes blanches [Donze *et al.*, 1957 ; Donze, 1958]. À ce sujet, le poudingue de Montfaucon et de la Chapelle des Buis (près de Besançon, Doubs) attribué au Purbeckien par Donze [1958] est en réalité d'âge tertiaire [Mattauer, 1958b] et ne doit pas être confondu avec la véritable brèche conglomératique purbeckienne reconnue dans cette même région [Mattauer, 1955]. De même, les lignites du Grand-Denis [près de Longemaison, Doubs ; Bonte, 1943 ; Bonte et Marie, 1944] sont aussi d'âge tertiaire (Néogène : Miocène supérieur – Pliocène inférieur, probablement Tortonien) d'après Philippe *et al.* [1992] et non pas berriasien [*in* Médus et Mojon, 1991].

Au sud, dans le Jura méridional, le Purbeckien est représenté par une forte surépaisseur de faciès laguno-

lacustres, plutôt calcaires et à fortes influences marines. À ce propos, les importantes variations d'épaisseur et de faciès du Purbeckien jurassien sont signalées au niveau des "zones de faciès" de Donze [1958]. Ainsi, les faciès purbeckiens mesurent en général une vingtaine de mètres d'épaisseur (Col de l'Épine, Col du Banchet, Cluse de Chailles), mais peuvent aussi se développer sur plus de 50 à 80 m (Salève, Val de Fier ouest, Yenne) où seule la partie supérieure des faciès purbeckiens peut être caractérisée par des microfossiles et corrélée avec le Jura central. Parfois, comme à la Cluse de Bart [Chevallier et Strasser, 1985], l'existence même du Purbeckien ne peut pas être démontrée (probablement en majeure partie représenté au sommet de la coupe par un épais horizon rubéfié de condensation reposant sur une *hard-ground* taraudé par des lithophages) par des données paléontologiques et reste hypothétique, les faciès margino-littoraux de cette coupe étant tout à fait comparables à ceux des Tidalites de Vouglans du Jurassique terminal. Dans la région de Grenoble (Isère), sur la bordure de la plate-forme jurassienne, les épais faciès lagunaires (60 m) du Purbeckien de la Buisse [Remane, 1958 ; Détraz et Steinhauser, 1988 ; Détraz, 1989] contiennent des galets noirs, des gyrogonites de Charophytes (*Porochara jaccardi*), des Dasycladacées (*Clypeina jurassica*) ainsi que de grands Foraminifères benthiques Lituolidés (*Anchispirocyclina lusitanica*). Ces dépôts étaient protégés de la mer subalpine par le grand récif corallien du Bec de l'Echaillon d'âge berriasien inférieur à moyen basal, situé environ 5 km au sud-ouest et épais de plus de 300 m.

À l'est de la plate-forme jurassienne, l'extension des faciès purbeckiens a été reconnue en Valais dans l'Autochtone de St-Maurice [Murat, 1952 ; Détraz, 1989] et dans l'Helvétique au Mont Ruan [Nappe de Morcles ; Collet et Carozzi, 1947] et à La Bâtiaz [Ayrton, 1980] ainsi qu'au Col du Klausen dans le Canton d'Uri [Brückner et Pia, 1935 ; Mohr, 1992].

1.2. Historique sur le Purbeckien

Depuis près de 150 ans, d'innombrables travaux ont été réalisés sur le Purbeckien du Jura franco-suisse. Très tôt, le caractère particulier des dépôts purbeckiens du Jura fut reconnu pour la première fois par Lory et Pidancet [1847] qui mirent en évidence les fameuses brèches de la Dôle dans le Jura suisse occidental (Jura vaudois) et par Marcou [1848], qui signala dans le Jura

français central des “marnes bleues sans fossiles” différentes de celles de l’Hauterivien.

De même, il fut établi rapidement que la faune laguno-lacustre d’invertébrés du Purbeckien du Jura (principalement des Mollusques Gastéropodes), signalée par Lory [1857] puis étudiée en détail par De Loriol et Jaccard [1865] et Maillard [1884b, 1885a], présentait d’évidentes affinités avec celles des Purbeck Beds du Sud de l’Angleterre et de la Serpulite d’Allemagne du Nord. En 1857, Lory décrit le Purbeckien du Jura comme “une formation d’eau douce, placée constamment entre le terrain jurassique et le terrain néocomien” et le compara au Wealdien anglais (Crétacé inférieur), tout en précisant que dans le Jura “la dénomination de groupe ou étage de Purbeck doit remplacer celle d’étage Wealdien” et qu’un âge jurassique terminal devait ainsi lui être attribué. Indépendamment, une même opinion fut également émise à cette époque par Renevier [1857]. La position stratigraphique fini-jurassique du Purbeckien du Jura fut confirmée par Desor et Gressly [1859] qui, pour mieux l’individualiser par rapport aux Purbeck Beds de l’Angleterre, créèrent l’étage Dubisien (de la région frontalière du Doubs près de Villers-le-Lac, qui présentait à l’époque de remarquables affleurements), un terme vite abandonné [Desor, 1864] qui tomba rapidement en désuétude.

Dans ses remarquables travaux, Maillard [1884a, 1884b] souligne le caractère margino-littoral des dépôts du Purbeckien jurassien et insiste sur le fait que celui-ci ne doit pas être considéré comme un étage à valeur chronostratigraphique mais comme un faciès (terme à connotation lithostratigraphique servant à définir une formation). De plus, Maillard [1884b] discute de l’appartenance du Purbeckien du Jura au Jurassique ou au Crétacé, sa microfaune de Mollusques ayant un cachet jurassique (Portlandien) alors que sa position stratigraphique autorise une corrélation avec les “Couches de Berrias” (= Berriasien, “étage inférieur du Crétacé”). Maillard [1885a, 1885b] fut également le premier à signaler des Ammonites au sommet du Purbeckien du Jura français méridional, données d’un grand intérêt biostratigraphique qui furent complétées plus tard par Révil [1911-1913]. À la même époque, Girardot [1885] réalisa dans le Purbeckien du Jura français central (région du Pont-de-la-Chaux) une étude très détaillée qui mérite d’être rappelée ici.

Il faudra attendre ensuite presque 50 ans pour que puissent être apportés des faits vraiment nouveaux sur le Purbeckien jurassien. Ainsi, Moret [1933] s’attacha à retracer l’extension des lagunes purbeckiennes dans le Jura français méridional. En 1948, Carozzi réalisa dans le Jura suisse la première étude micrographique et micropaléontologique du Purbeckien, auquel il attribua un âge crétacé basal (Berriasien) et où il mit en évidence d’importantes variations latérales d’épaisseur et de faciès (coupes “anticlinales” et “synclinales”). Toujours dans le Purbeckien du Jura suisse, Anderson [1951]

réalisa la première étude sur les Ostracodes en formes dégagées.

Ces travaux de géologie moderne faisant appel à l’utilisation systématique de lames minces et à la récolte par lavages-tamisages de microfossiles en formes dégagées furent complétés par Bartenstein et Burri [1954] dans le Purbeckien du Jura suisse, où ces auteurs purent établir ainsi d’intéressantes corrélations avec le sud de l’Angleterre et l’Allemagne du Nord. Ces corrélations furent précisées par Donze [1955, 1958] et Bartenstein [1959a]. Très similaire aux travaux réalisés dans le Jura suisse d’après la démarche scientifique ainsi que les techniques utilisées, l’étude de Donze [1958] sur le Purbeckien du Jura français met en évidence des résultats largement complémentaires et en particulier des “zones de faciès” confirmant les observations de Carozzi [1948]. Enfin, Häfeli [1966] réalisa une remarquable étude sur la sédimentologie et la micropaléontologie des faciès purbeckiens de la région de Bienne (Jura suisse occidental), en redéfinissant le Purbeckien sous le nom local de Formation de Goldberg à la base de laquelle il plaça la limite Jurassique/Crétacé et en mettant en évidence d’exceptionnels niveaux laguno-lacustres “valanginiens” à la base du “Marbre bâtard”. Ces données ont été reprises et complétées plus tard par Mojon et Strasser [1987], puis par Détraz et Mojon [1989].

1.3. Biostratigraphie et micropaléontologie du Purbeckien

Dans le Jura méridional, sur la marge jurassienne de la Téthys, le Purbeckien est constitué en majeure partie par des assises calcaires massives [“Infracrétacé” de Maillard, 1884a, 1884b, 1885a], où les influences marines se marquent largement par le développement de faciès de lagon marin à restreint. Dans la partie tout à fait supérieure du Purbeckien, ces dépôts ont livré quelques rares Ammonites de la Zone à *Jacobi-Grandis* [Berriasien inférieur ; Maillard, 1885a, 1885b ; Révil, 1911-1913, Clavel *et al.*, 1986] telles que *Pseudosubplanites* gr. *lorioli* (ZITTEL), *Pseudosubplanites combesi* LE HÉGARAT et *Tirnovella* gr. *allobrogeneris-suprajurensis* (MAZENOT).

Concernant la position précise de la limite Jurassique/Crétacé dans le Purbeckien du Jura, deux faits très importants sont à relever [Détraz et Mojon, 1989]. Tout d’abord, l’apparition d’oïdes dans la partie inférieure du Purbeckien (Couches nymphéennes, Cénozone continentale M1b) qui se rapporte au premier intervalle transgressif du Crétacé. D’autre part, les apports argileux caractérisant les Marnes à gypse (Cénozone continentale M1a) qui se marquent également dans le “bassin” subalpin à partir de la Zone de Calpionelles B sup., avec un léger retard par rapport aux sebkhas exondées de la plate-forme jurassienne (Zone de Calpionelles B inf.) isolées par un cordon insulaire de la mer ouverte du “bassin” subalpin ou

domaine delphino-helvétique. Sur l'estran évaporitique de la plate-forme jurassienne, le passage entre les faciès d'exondation fini-jurassiques (Dolomies portlandiennes) et éocénacées (Marnes à gypse, sebkhas de la base du Purbeckien) se fait en parfaite continuité, l'important développement d'horizons lacustres dans les sebkhas (apports d'eau douce importants) se marquant entre le maximum d'émersion fini-jurassique et le début de l'intervalle transgressif du Crétacé.

En conclusion, la limite Jurassique/Crétacé doit être placée sur la plate-forme jurassienne à la base des Marnes à gypse du Purbeckien (Cénozone continentale M1a), celles-ci pouvant raisonnablement être attribuées à la sous-zone à *Jacobi*. Dès lors, fait remarquable, il faut relever que cette limite Jurassique/Crétacé fixée à -134 Ma [Haq *et al.*, 1987] ou à -144 Ma [Gradstein *et al.*, 1994] est significative sur la plate-forme jurassienne comme dans le "bassin" subalpin au point de vue biostratigraphique, sédimentologique et séquentiel [Détraz et Mojon, 1989]. En effet, cette nouvelle limite Jurassique/Crétacé correspond à celle placée à la base de la Zone à *Jacobi-Grandis* [Flandrin *et al.*, 1975], un peu plus bas stratigraphiquement que l'ancienne limite historique de Kilian [1907] entre les sous-zones à *Jacobi* et à *Grandis*.

Les faciès margino-littoraux du Purbeckien du Jura ont livré des associations remarquables de Charophytes et d'Ostracodes qui traduisent un important renouvellement par rapport à celles du Jurassique [Mädler, 1952 ; Peck, 1951, 1957 ; Donze, 1960 ; Sohn et Peck, 1963 ; Brenner, 1976 ; Mojon, 1989b, 1989d], ainsi que de nombreux autres microfossiles très diversifiés (Gastéropodes, Foraminifères benthiques, Dasycladacées, palynoflore continentale et Dinokystes marins) :

CHAROPHYTES :

Clavatoracées :

Hemiglobator maillardi (DE SAPORTA, 1891) MOJON, 2002.

Hemiglobator protoincrassatus (MOJON, 1989) MOJON, 2002.

Hemiglobator praecursor (MOJON, 1989) MOJON, 2002.

Perimneste horrida HARRIS, 1939.

Perimneste micrandra GRAMBAST, 1967.

Dictyoclavator fieri (DONZE, 1955) GRAMBAST, 1966.

Nodosoclavator bradleyi (HARRIS, 1939) MASLOV, 1961.

Clavator reidi GROVES, 1924.

Flabellochara grovesi (HARRIS, 1939) GRAMBAST, 1962.

Clypeator discordis SHAÏKIN, 1976.

Porocharacées :

Porochara maxima (DONZE, 1955) DONZE, 1958 emend. MOJON, 1989.

Porochara jaccardi (HEER, 1865) MOJON, 1989.

Porochara fusca (MÄDLER, 1952) MÄDLER, 1955.

Characées :

Mesochara harrisi (MÄDLER, 1952) SHAÏKIN, 1967.

Mesochara stipitata (WANG S., 1965) WANG Z., 1981.

OSTRACODES :

– milieu lacustre, eau douce :

Cypridea granulosa granulosa (DE SOWERBY, 1836) – ANDERSON & BAZLEY, 1971.

Cypridea granulosa protogranulosa ANDERSON, 1971.

Cypridea dunkeri carinata MARTIN, 1940.

Cypridea tuberculata oertlii MOJON, 1989.

Cypridea tumescens tumescens (ANDERSON, 1939) – ANDERSON & BAZLEY, 1971.

Cypridea tumescens praecursor OERTLI, 1963.

Cypridea tumescens acrobeles ANDERSON, 1971.

Cypridea gr. peltoides ANDERSON, 1971.

Cypridea binodosa MARTIN, 1940.

Cypridea mirabilis MOJON, 1989.

Theriosynoecum forbesii forbesii (JONES, 1885) – ANDERSON & BAZLEY, 1971.

Theriosynoecum forbesii verrucosa (JONES, 1885) – ANDERSON & BAZLEY, 1971.

Bisulcocypsis dilatata ANDERSON, 1971.

Scabriculocypsis trapezoides ANDERSON, 1941.

Scabriculocypsis aff. *acanthoides-cerastes* ANDERSON, 1941.

Darwinula leguminella (FORBES, 1855) – JONES, 1885.

Damonella pygmaea (ANDERSON, 1941) – ANDERSON, 1966.

Septacandona eocretacea (MOJON, 1989) – CABRAL & COLIN, 2002.

Timiriasevia punctata CLEMENTS, 1973.

– milieu lagunaire saumâtre :

Mantelliana purbeckensis (FORBES, 1855) – ANDERSON, 1966.

Mantelliana wealdensis (WOLBURG, 1962) – ANDERSON & BAZLEY, 1971.

Mantelliana cyrtion ANDERSON, 1971.

Fabanella boloniensis (JONES, 1882) – ANDERSON, 1964.

Eoparacypris weedonensis ANDERSON, 1971.

Macrodentina (Dictyocythere) retirugata (JONES, 1885) – MARTIN, 1940.

– milieu marin confiné, très saumâtre :

Paranotacythere rimosa (MARTIN, 1940) – BASSIOUNI, 1974.

Paranotacythere favulata (MARTIN, 1940) – BASSIOUNI, 1974.

Kentrodictyocythere typica DONZE, 1968.

Marslatourella barnstorffensis (MARTIN, 1957) – SCHUDACK U., 1994.

Marslatourella (Gigantourella) aff. gigantea (SCHMIDT, 1955) – SCHUDACK U., 1994 (= *Exophthalmo-cythere* cf. sp. 1 in Ramalho, 1971), (très rare).

– milieu deltaïque estuarien :

Klieana alata MARTIN, 1940 (forme boréale très rare).

– **milieu marin ouvert** (pour la taxonomie, voir aussi liste U. I. O. de Valangin, chap. 3, § 1.5) :

Valendocythere emslandensis.

Protocythere revili DONZE, 1975.

Paracypris arcuatilis.

Asciocythere gr. *circumdata-montis*.

Schuleridea gr. *mediocaudata*.

Remarques : la citation de Anderson et Bazley [1971] fait référence aux révisions effectuées dans cet ouvrage par Anderson seulement. En ce qui concerne le genre *Fabanella* défini par Martin [1961], *Fabanella boloniensis* est un nomen novum créé par Anderson [1964] synonyme de *F. polita polita* [Martin, 1940] et de *F. polita ornata* [Steghaus, 1953]. Enfin, la subdivision du genre *Macrodentina* en sous-genres *Macrodentina* et *Dictyocythere* a été établie par Barker [1966].

MOLLUSQUES :

Gastéropodes (dét. K. Bandel 1990 ; Bandel, 1991) :

– Mésogastropodes (milieu lagunaire saumâtre à lacustre) :

Viviparus antiquus HUCKRIEDE, 1967.

Bithynia sautieriana (DE LORIO, 1865).

Hydrobia chopardiana (DE LORIO, 1865).

Lavansia mojonii BANDEL, 1991.

Maillardinus sanctusclaudius BANDEL, 1991.

Opercules de *Cyclophoroidea*.

Loriolina loryana (DE LORIO, 1865).

Juramelanatria rugosa (DUNKER, 1843).

Juramelanoides villersense (DE LORIO, 1865).

Pyrgulifera purbeckiensis BANDEL, 1991.

Provalvata helicoides (DE LORIO, 1865) (= *Valvata helicelloides*, in Huckriede, 1967).

Provalvata sabaudiensis (MAILLARD, 1884).

Ceritellopsis complacita (HUCKRIEDE, 1967).

– Archaeopulmonés (Pulmonés primitifs laguno-lacustres :

Ptychostylus harpaeformis (KOCH & DUNKER, 1837).

Proauriculastra dubisiensis (DE LORIO, 1865).

Juramarinula durlstonensis (ARKELL, 1940).

– Basommatophores (Pulmonés laguno-lacustres, milieu plutôt dulçaquicole) :

Prophysa bristovii (DE LORIO, 1865).

Proplanorbarius sanctusclaudius BANDEL, 1991.

Gyraulus loryi COQUAND, 1855 (= *Anisopsis fisheri*, in Huckriede, 1967).

Proauricula jaccardi (DE LORIO, 1865).

– Stylommatophores (Pulmonés terrestres, formes évoluées très rares) :

Cherusiola mojonii BANDEL, 1991.

Lamellibranches laguno-lacustres :

Unio sp., *Neomiodon* sp.

FORAMINIFÈRES BENTHIQUES (pour la taxonomie, voir aussi la liste du § 1.5) :

Lituolidés : *Anchispirocyclina lusitanica* (EGGER, 1902) – JORDAN & APPLIN, 1952.

Feurtillia frequens MAYNC, 1958a.

Nautiloculina cf. *oolithica* MOHLER, 1938.

Ataxophragmiidés :

Valvulina aff. *lugeoni* SEPTFONTAINE, 1977a.

“*Siphovalvulina*” sp. (in Septfontaine, 1981).

Nodosariidés : *Lenticulina* (*Lenticulina*) gr. *muensteri*.

Involutinidés : *Trocholina* gr. *alpina-elongata*.

Miliolidés.

DASYCLADACÉES (dét. B. Granier 1989 ; Bassoullet *et al.*, 1978) :

Clypeina jurassica FAVRE 1927.

Clypeina parvula CAROZZI, 1946.

Clypeina? solkani CONRAD & RADOIČIĆ, 1971.

Salpingoporella annulata CAROZZI, 1953.

Actinoporella podolica (ALTH) CONRAD, PRATURLON & RADOIČIĆ, 1974.

Radoiciciella? bartheli (BERNIER) GRANIER, 1989a.

Heteroporella? sp.

PALYNOFLORE CONTINENTALE (dét. J. Médus 1989 ; Médus et Mojon, 1991) :

Spores :

Ptéridophytes :

Apiculatisporites sp. f. *clavus* MÉDUS.

Cerebropollenites macroverrucosus (THIERGART) SCHULZE.

Cerebropollenites mesozoicus (COUPER) NILSSON.

Cf. *Coptospora striata* DETTMANN.

Densoisporites microrugulatus BRENNER.

Inaperturopollenites giganteus GOCZAN.

Leptolepidites psarosus NORRIS.

Osmundacites wellmanii COUPER.

Vastisporites vastiformis DÖRING.

– type Gleicheniacées : *Gleicheniidites senonicus* ROSS.

– type Schizéacées : *Cicatricosisporites striatus* ROUSE.

Plicatella tricornitata WEYLAND & GREIFELD.

Sphénophytes ? : *Spheripollenites psilatus* BURGER.

Pollens (Gymnospermes) :

Conifères (Bailés) : *Araucariacites australis* COOKSON.

Pinus sp.

Cheirolépidiacées : *Classopollis torosus* (REISSINGER) BALME.

Podocarpacees : *Parvisaccites radiatus* COUPER.

Dinokystes marins (rares).

1.4. Sédimentologie et paléocéologie du Purbeckien

Dans le Jura franco-suisse, le Jurassique terminal correspond à des dépôts évaporitiques d'exondation [“Dolomies portlandiennes” de Jaccard, 1869] et la base du Crétacé est représentée par les faciès marno-calcaires et laguno-lacustres à intercalations marines (faciès de lagon restreint) du Purbeckien mesurant en général 15 à 20 m d'épaisseur dans la partie centrale du Jura. Ce Purbeckien du Jura central servant de référence a été

subdivisé par Maillard [1884a] en “Cornieule et marnes à gypse” (dépôts évaporitiques de sebkhas de la partie inférieure) et en “Couches nymphéennes” (dépôts d’eau douce de la partie supérieure). Grâce aux observations et aux interprétations complémentaires de la présente étude permettant d’établir un parallélisme avec les travaux de Carozzi [1948], de Donze [1958] et de Häfeli [1966], ces anciennes subdivisions peuvent être réactualisées dans le cadre d’une discussion sur la position précise de la limite Jurassique/Crétacé au sein des dépôts purbeckiens de la plate-forme jurassienne.

Ainsi, les termes de “Cornieule et marnes à gypse” correspondent aux “Couches dolomitiques inférieures et marnes à gypse” de Carozzi [1948]. Dans le Jura français central, ces faciès de sebkhas présentent une couleur jaunâtre ainsi qu’un aspect dolomitique (texture poreuse et friable) et se rapportent à des marnes à pseudomorphoses d’évaporites et quartz authigènes, où sont intercalés quelques petits bancs calcaires finement laminés (tapis algaires) ou vacuolaires par dissolution des évaporites (“Cornieule”). Ces dépôts de la base du Purbeckien sont non fossilifères et plus ou moins bien développés, passant d’une épaisseur presque nulle (Bonlieu) à plusieurs mètres (Poizat). Dans le Jura suisse occidental et une partie du Jura français central, les mêmes faciès de sebkhas présentent une coloration variée lie-de-vin (Riedli/Bienne), jaune-verdâtre (Crozet) ou même noire (Juracime). Également riches en pseudomorphoses d’évaporites et en quartz authigènes bipyramidés, ces dépôts sebkhaïques des Marnes à gypse présentent par contre des intercalations laguno-lacustres très fossilifères équivalant au “premier niveau d’eau douce” de Donze [1958]. Parfois, l’aspect et la nature de ces couches peut être mixte (Thoirette). Dans la partie septentrionale du Jura central, ces dépôts évaporitiques de sebkhas traduisent l’existence de grandes dépressions où ils atteignent un développement maximal d’après la présence de niveaux de gypse (n’affleurant malheureusement jamais) ainsi que d’importantes brèches de collapse par dissolution chaotique des évaporites [brèches de la Dôle étudiées par Müller, 1986], ainsi que d’après leur large répartition pouvant s’étendre jusque dans les Couches nymphéennes (Juracime, St-Claude). Dans le Jura méridional, ces premiers dépôts purbeckiens correspondent à des faciès calcaires à influences maritimes dominantes (Col de l’Epine, Cluse de Chailles) et à paléosols (calcrêtes) disposés sur une étroite aire d’orientation NE-SW (Salève, Col du Banchet), qui constitue un cordon insulaire littoral [Davaud *et al.*, 1983] isolant les sebkhas confinées du Jura central des apports de la mer ouverte.

Les Couches nymphéennes de la partie supérieure du Purbeckien sont également représentées dans le Jura méridional par des faciès essentiellement calcaires à fortes influences marines, où peuvent toutefois se développer d’importants niveaux de brèches et de marnes vertes conglomératiques (Val de Fier ouest,

Yenne). Par contre, dans le Jura central, les Couches nymphéennes sont bien individualisées par d’épais dépôts marno-calcaires inter- à supratidaux, souvent conglomératiques et riches en microfossiles laguno-lacustres. Toutefois, Carozzi [1948] avait reconnu à juste titre une “intercalation marine moyenne” séparant des “Couches lacustres inférieures et supérieures”, qui se traduit partout par la présence de bancs oolithiques et de dépôts évaporitiques lagunaires (marnes à Fabanelles) ou sebkhaïques (calcaire cryptocristallin à texture *chickenwire* ou niveaux marno-calcaires à pseudomorphoses d’évaporites et quartz authigènes). En complément à ces observations, il faut ajouter qu’une mince intercalation marine à Foraminifères benthiques et Dasycladacées est présente au sommet du Purbeckien (Lavans-les-St-Claude). En fait, l’énumération ci-dessus montre qu’il y a au sein des Couches nymphéennes plusieurs intercalations marines successives. Ces dernières contiennent en particulier des ooides présentant une structure corticale variable, qui permet entre autres de mettre en évidence une minéralogie primaire calcitique (“Mg-calcite” ou calcite magnésienne) ou aragonitique [Strasser, 1986]. La formation de ces ooides se rapporte à des conditions physico-chimiques changeantes telles que l’hydrodynamisme (courants fluctuants) et la géochimie (salinité variable), qui traduisent indubitablement des influences marines périodiques dans les lagunes margino-littorales du Purbeckien.

Les dépôts du Purbeckien du Jura sont arrangés en séquences à bathymétrie décroissante dites aussi *shallowing-upward* [Mojon et Strasser, 1987 ; Strasser, 1987, 1988b], qui correspondent à une succession de “punctuated aggradation cycles” [Goodwin et Anderson, 1985].

Les premières études sédimentologiques sur le Purbeckien du Jura franco-suisse ont été réalisées par Ainardi [1975, 1977] et Ainardi et Champetier [1976]. Ces travaux ont été précisés et complétés dans une très importante mesure par Strasser [1987, 1988b], qui a notamment reconnu et décrit différents types (A-B-C-D-E-F) de séquences sédimentaires à bathymétrie décroissante, caractérisés chacun par la dominance d’un faciès particulier. Dans le Purbeckien du Jura, il est ainsi possible de distinguer 4 types de dépôts margino-littoraux de plate-forme carbonatée, répartis en 7 faciès principaux :

1. Dépôts subtidaux à la base des séquences du Purbeckien du Jura, qui caractérisent en particulier les séquences de type A (Jura méridional, affinité avec les dépôts des Tidalites de Vouglans du “Portlandien”/Tithonien). Faciès de lagon marin à restreint (pelbiomicrites à Dasycladacées et Foraminifères benthiques). Faciès de barre sableuse oolithique (*spillover*) présentant parfois [Riedli/Bienne, Mojon et Strasser, 1987] des rides de houle asymétriques à crêtes sinueuses, associées à des rides d’interférence (faible tranche d’eau et émergence partielle), ainsi que des rides

de courants bidirectionnels formant des stratifications entrecroisées [*herring-bones* ; Strasser, 1988b]. Faciès de plage avec *keystone vugs* (oomicrite à oopelmicrite/oopelmicrosparite avec quelques Foraminifères benthiques). Petits ooides de milieu lagunaire saumâtre [Strasser, 1986].

2. Dépôts intertidaux qui caractérisent en particulier les séquences de type B et D du Purbeckien du Jura central. Faciès d'estran (*tidal flat*) se répartissant en tapis algaires (*algal mat* formant un *algal flat*) parfois complètement dolomitisés (bancs ondulés et laminés, micrite cryptocristalline traduisant une dolomitisation primaire sous conditions évaporitiques) et en micrites à *bird's eyes* ou en pelbiomicrites (avec intraclastes, Serpules, Charophytes et Ostracodes) souvent bréchifiées (aspect "noduleux") par de la bioturbation et de la dessiccation périodique. Ces faciès d'estran présentent souvent des traces d'émersion indiquées par des polygones et/ou fissures de dessiccation (*mud-cracks* et/ou *circumgranular cracking* ; Pl. 59, fig. D), ainsi que des dépôts microbréchiques de tempêtes ou tempestites [Riedli/Bienne ; Mojon et Strasser, 1987]. Au Salève, il faut aussi signaler le long du sentier de Chavardon (Chafardon) la présence exceptionnelle d'une empreinte tridactyle de Dinosaurien bipède (*Allosaurus*) à la surface d'un banc micritique riche en *bird's eyes* (loférite) de la partie sommitale du Purbeckien [Mojon, 2001].

3. Dépôt inter- à supratidaux qui caractérisent exclusivement les séquences de type C du Purbeckien du Jura central. Faciès de sebkhas (ou sabkhas). Micrite microcristalline de couleur jaune et d'aspect noduleux rappelant la texture *chickenwire* de l'anhydrite massive [Mojon et Strasser, 1987]. Marno-calcaires de couleur jaune, lie-de-vin (rougeâtre à violacée) ou noire et riches en pseudomorphoses calcitiques d'évaporites surimposées à la texture originelle du sédiment (microcristaux lenticulaires de gypse [Pl. 59, fig. A] et cristaux en baguettes d'anhydrite), en quartz authigènes bipyramidés [étudiés par Kosztolanyi, 1987] ainsi qu'en rosettes ou sphérules de quartz pétaloïdes et de quartzine résultant de la précipitation diagénétique de silice en milieu sulfaté [Arbey, 1980]. Localement, ces faciès de sebkhas contiennent des amas de gypse blanc saccharoïde [anciennes exploitations citées par Jaccard, 1869 et Maillard, 1884a, 1884b], de la fluorine, de la célestine et probablement aussi de la strontianite (Juracime). Ces dépôts sebkhaïques présentent en outre des brèches de collapse [brèches de la Dôle ; Müller, 1986] qui résultent de la dissolution secondaire des évaporites (gypse et/ou halite) avant la consolidation des sédiments et sont ainsi tout à fait comparables aux Broken Beds (= Broken Bands) de la base du Lower Purbeck anglais [West, 1975].

4. Dépôts supratidaux au sommet des séquences du Purbeckien du Jura, qui caractérisent en particulier les séquences de type E [Jura central et méridional] et F (Jura méridional). Il s'agit de faciès laguno-lacustres

marno-calcaires (type E), représentés le plus souvent par des brèches conglomératiques à abondants galets noirs [Strasser et Davaud, 1983]. Ce type de dépôt a livré dans le Jura méridional [Septfontaine, 1977b ; Mojon, 2001] une grande dent de Dinosaurien carnassier (Théropodes : Carnosauriens) attribuable au genre *Allosaurus* (Saurischiens géants bipèdes et carnivores). Ces faciès laguno-lacustres sont en général très marneux et riches en Charophytes, Ostracodes et Mollusques. Des dents de poissons Pycnodontes (Téléostéens/Actinoptérygiens), de Sélaciens et de Reptiles (Lacertiliens, Crocodiliens) y sont également assez fréquentes. Dans le Jura méridional, on rencontre souvent des "marnes vertes" nommées ainsi d'après leur couleur verdâtre dominante, qui correspond à des illites ferrières résultant de la transformation minéralogique de smectites alumino-ferrières au contact d'eaux saumâtres d'origine marine et enrichies en K⁺ par évaporation sous climat chaud [Deconinck et Strasser, 1987]. Par contre, la coloration des marnes purbeckiennes du Jura central est beaucoup plus variable avec des nuances beiges à grises (illites et smectites alumino-ferrières) voire des cas extrêmes correspondant à des marnes blanches ou noires riches en débris charbonneux (lignite). Plus rarement, présence de faciès terrestres (séquences de type F) constituant des paléosols ou calcrêtes à texture laminée (Pl. 60, fig. A et B), avec des traces de racines formant des structures alvéolaires (Pl. 59, fig. C) ainsi que des fissures de dessiccation/rétraction [Strasser et Davaud, 1982].

Dans tous ces types de dépôt, des indices d'émersion résultant de l'influence diagénétique d'une nappe phréatique d'eau douce peuvent se traduire par une dolomitisation secondaire en gros rhomboèdres ou des ciments particuliers [Sellwood, 1986] : ciment calcitique d'eau douce [sparite équigranulaire ; Longman, 1980], *silts vadose* (remplissages géotropes) et ciments syntaxiaux affectant les plaques d'Échinodermes (dépôts de lagon marin).

L'inventaire micropaléontologique du Purbeckien du Jura met bien en évidence un caractère mixte laguno-lacustre de dépôts émergifs margino-littoraux, sédimentés sur un vaste estran carbonaté. Ainsi, les niveaux exclusivement lacustres sont rarissimes (éch. LV 26, Lavans-lès-St-Claude), alors que des influences saumâtres à salinité variable (paléoenvironnements lagunaires dessalés à hyperhalins) sont courantes et se traduisent par la très grande abondance d'Ostracodes typiquement lagunaires comme *Fabanella boloniensis* en particulier (Marnes à Fabanelles) et *Mantelliana purbeckensis*, de petites Serpules déroulées (tubes d'Annélides), de certains Gastéropodes (*Hydrobia*) et certaines Charophytes (Porocharacées : *Porochara maxima*, *Porochara fusca*).

Dans les Couches nymphéennes à dominance lacustre, les microfossiles de milieu lagunaire saumâtre sont couramment associés dans les sédiments à des organismes plutôt lacustres tels que des Ostracodes du

genre *Cypridea* [Whatley, 1988a], des Gastéropodes (*Provalvata*, *Gyraulus*) et des Clavatoracées (Charophytes). Les associations de Charophytes et d'Ostracodes des dépôts purbecko-wealdiens du Jura sont en général multispécifiques et plus rarement paucispécifiques (2 à 3 espèces au maximum) comme dans le cas des milieux lagunaires confinés.

Parfois, les Ostracodes sont abondants alors que les Charophytes font presque complètement défaut et ne sont représentées que par des taxons de très petite taille, à cause probablement d'une très faible tranche d'eau et de la pérennité variable de mares ou d'étangs peu profonds et temporaires.

Moins fréquemment, l'abondance de Charophytes de taille importante (grandes Clavatoracées) et l'absence d'Ostracodes semblent indiquer un paléoenvironnement eutrophe "empoisonné" par de la matière organique d'origine essentiellement végétale (débris de thalles) et en décomposition, interprétation en général confirmée par un sédiment souvent riche en pyrite témoignant d'un milieu anoxique et réducteur. Concernant l'Actuel, une observation similaire a été faite dans le lac Titicaca où les Characées libéreraient des toxines ou des substances antagonistes capables d'inhiber le développement des larves d'Arthropodes prédateurs (principaux organismes phytophages : Crustacés = Amphipodes et écrevisses, ainsi que larves d'Insectes aquatiques se rapportant à des Coléoptères Hydrophilides et Haliplides ; Proctor, 1989, 1996] et la croissance des autres végétaux concurrents [Collot *in* Mourguiart, 1987].

Dans le Purbeckien anglais, l'abondance-dominance périodique et alternante des Ostracodes lagunaires (*Mantelliana* et *Fabanella*) sur les formes lacustres (*Cypridea*, *Theriosynoecum*, *Darwinula*) ou vice-versa a permis à Anderson [*in* Anderson et Bazley, 1971] de distinguer des phases d'eau douce (C-phases) et d'eau saumâtre dessalée (S-phases) à hypersalée (E-phases), et de définir ainsi une succession de 98 cycles fauniques entre le Jurassique terminal (Portland Beds) et le Barrémien-Aptien (Weald Clay). Ces cycles fauniques d'abord attribués à l'alternance de périodes sèches et humides résultant de la précession des équinoxes d'une périodicité de 21.000 ans [Anderson, 1967] ne couvrent, assemblés bout-à-bout, de loin pas l'intervalle de temps concerné et se rapportent donc en fait plutôt à des inondations périodiques des estrans et estuaires purbecko-wealdiens par la mer boréale [Neale, 1988].

Dans les dépôts lagunaires saumâtres à hyperhalins des Couches nymphéennes du Jura résultant d'influences marines (marnes à Fabanelles souvent riches en Serpules), l'existence de courants (marées, vents?) entraînant une forte agitation des milieux de dépôt (clapotage des eaux) se traduit par l'usure et le polissage des carapaces ou des valves isolées de *Fabanella boloniensis*, ainsi que par la séparation et l'emboîtement très caractéristique de ces dernières (jusqu'à 5 valves de taille croissante emboîtées les unes

dans les autres ; Pl. 28, fig. B, C). D'autre part, dans ces mêmes milieux lagunaires, les populations d'Ostracodes sont souvent représentées par l'accumulation d'un très grand nombre d'individus de *Fabanella boloniensis* (espèce largement dominante ; Pl. 28, fig. A) comprenant aussi bien des stades larvaires que des adultes, et correspondraient ainsi également par ces caractéristiques à des thanatocénoses résultant de la mort en masse de ces populations à la suite de hausses importantes et rapides de la salinité et/ou de la température [Whatley, 1988b]. D'une manière générale, l'instabilité des paramètres écologiques (salinité et hydrodynamisme) des milieux de dépôt lagunolacustres du Purbeckien jurassien est démontré par le polymorphisme des gyrogonites des Porocharacées et par l'absence de dimorphisme sexuel chez les *Cypridea*, représentés uniquement par des carapaces femelles larges traduisant un mode de reproduction parthénogénétique. Un tel dimorphisme sexuel n'a d'ailleurs été observé qu'exceptionnellement chez les *Cypridea* [Sohn, 1979] et les Ostracodes des milieux lacustres en général, chez lesquels un mode de reproduction parthénogénétique est courant [McKenzie, 1971].

De même, l'adaptation à des facteurs écologiques particuliers par les Ostracodes lacustres (notamment les *Cypridea*) se traduit par l'inversion de la taille des valves de la carapace (*C. mirabilis*, *C. gr. dunkeri*, *C. gigantissima* du Bédoulien) ou par l'apparition à la surface des valves de tubercules ou de nodosités (*C. gr. granulosa*, *C. gr. dunkeri*, *C. binodosa*, *C. gr. tuberculata*, *Theriosynoecum forbesii verrucosa*). Ces anomalies ne semblent pas en relation avec une faible salinité apparente [Grekoff, 1971 ; Jordan et Bless, 1971 ; Carbonel, 1988] mais peuvent plutôt s'expliquer par des apports continentaux de matière organique (composés humiques) et de silice dissoute (influence dominante d'un environnement supralittoral) susceptibles de générer la chélation de métaux de même origine présents à l'état de traces en provoquant ainsi un empoisonnement du milieu, auquel les Ostracodes réagiraient par l'inversion des valves de la carapace (phénomène affectant paradoxalement aussi des genres marins bathyaux et abyssaux) ainsi que par une hypercalcification des valves formant des nodosités ou des tubercules [Peypouquet, 1979 ; Carbonel et Tölderer-Farmer, 1988 : analyses à la microsonde montrant la concentration du Si sur les tubercules].

Dans l'inventaire micropaléontologique du Purbeckien du Jura, il faut aussi relever par rapport au Purbeckien du domaine boréal (Allemagne du Nord, sud de l'Angleterre, Bassin parisien) la présence d'Ostracodes très caractéristiques tels que ceux du genre *Marslatourella* ou alors l'absence voire la grande rareté de certaines formes bien connues. Ainsi, *Rhinocypris jurassica* (MARTIN, 1940) et *Protocythere serpentina* (ANDERSON, 1941) – [révisés par Oertli, 1963] – font complètement défaut, alors que *Klieana alata* n'est représenté que par une seule carapace

récoltée dans la partie inférieure du Purbeckien du Crozet. En Angleterre [Anderson, 1985] et dans le bassin de Paris [Oertli, 1963], ces Ostracodes correspondent à des taxons “marins” caractérisant les dépôts siliciclastiques estuariens à influences fluviales de la régression fini-jurassique (partie inférieure du Lower Purbeck). Par rapport aux dépôts margino-littoraux purbeckiens de l'estran carbonaté recouvrant la plate-forme jurassienne, les dépôts du Purbeckien boréal devaient être assez éloignés de la mer ouverte, d'après l'absence totale d'organismes marins tels que Foraminifères benthiques, Échinodermes et Ammonites. En revanche, des dépôts estuariens à influence marine plus marquée sont représentés par une lumachelle à petits Ostréides [Morter, 1984] comme *Praeexogyra distorta* (DE SOWERBY) et rares Échinidés comme *Hemicidaris purbeckensis* (FORBES), qui correspond aux Cinder Beds de la partie inférieure du Middle Purbeck anglais marquant l'intervalle transgressif du Crétacé basal dans le domaine boréal.

Dans le Purbeckien du Jura, de tels milieux estuariens à écologie particulière et salinité variable oscillant rapidement selon les marées entre une complète dessalure et une salinité proche de celle du milieu marin ne sont donc pas représentés et la présence anachronique de *Klieana alata* se rapporte sans aucun doute à une origine allochtone impliquant un phénomène de transport.

À ce propos, il faut savoir que comme pour les Charophytes (thalles et fructifications) les carapaces et surtout les œufs des Ostracodes peuvent être transportés rapidement par voie aérienne sur de grandes distances par des ouragans qui les entraînent en suspension à haute altitude (*jet-stream*) ou alors par des oiseaux ou des reptiles volants, par ingestion et/ou fixation sur le plumage ou les pattes (cf. chap. 2, § 1.1). Ainsi, la vaste répartition des Ostracodes laguno-lacustres et en particulier celle des *Cypridea* permettant d'excellentes corrélations biostratigraphiques à l'échelle européenne peut s'expliquer par la résistance particulière de leurs œufs à la dessiccation et aux basses températures rencontrées lors du transport aérien à haute altitude [*op. cit.*]. D'une manière générale, d'intéressantes considérations sur la biologie des Ostracodes sont exposées dans Carbonel *et al.* [1988].

1.5. L'Unité Inférieure Oolithique (U. I. O.)

Par-dessus les faciès marno-calcaires du Purbeckien laguno-lacustre du Jura, le Crétacé marin transgressif forme une importante barre calcaire de 20 à 40 mètres d'épaisseur [“Marbre bâtard” de Desor et Gressly, 1859 ; “Calcaires de Thoiry” de Mouty, 1966] correspondant à la Formation de Pierre-Châtel. Celle-ci est essentiellement constituée par des micrites à Foraminifères benthiques, Dasycladacées (*Clypeina jurassica*, *Actinoporella podolica*, *Salpingoporella annulata*) et oncoïdes, qui caractérisent un milieu de dépôt peu

profond de lagon marin à restreint. Dans le Jura méridional, la partie basale de la Formation de Pierre-Châtel a pu être attribuée au Berriasien moyen [Clavel *et al.*, 1986 ; Détraz et Mojon, 1989] grâce à de rares Ammonites de la Zone à *Occitanica* (sous-zone à *Privasensis*) telles que *Subalpinites* sp. et *Berriasella* cf. *privasensis* (PICHET).

Historiquement [Portmann, 1966], le “Marbre bâtard” du Jura suisse occidental équivaut à la majeure partie de l'ancien “Valanginien” de Desor [1854], qui a longtemps représenté le premier étage du Crétacé basal ou Néocomien [Thurmann, 1835] défini dans la région de Neuchâtel [localités-types de Valangin pour le “Valanginien” et d'Hauterive pour l'Hauterivien ; Renevier, 1874]. Dans une bonne partie du Jura méridional et le Jura central, la partie inférieure de la Formation de Pierre-Châtel est oolithique et correspond à des barres sableuses subtidales formant d'anciennes flèches littorales. Souvent riche en Trocholines [Guillaume, 1963, 1966], ce faciès représente l'Unité Inférieure Oolithique [Steinhauser et Charollais, 1971].

Dans le Jura central franco-suisse, l'U. I. O. présente des intercalations marno-calcaires localement importantes [“Marnes valanginiennes” du syntype de Valangin étudiées par Baumberger et Moulin [1898], Häfeli, 1966 et Millioud, 1967 ; “Unteres Valanginien” de la région de Bienne étudié par Burri, 1956] ayant livré une macrofaune marine typiquement crétacée, caractérisée entre autres par des Échinidés comme *Toxaster granosus* (D'ORBIGNY) et des Brachiopodes comme *Loriolithyris valdensis* (DE LORIO) – GASPARD, 1988. Toutefois, certains niveaux marneux de l'U. I. O. correspondent encore à des épisodes émergifs récurrents [“Couches saumâtres supérieures” de Maillard, 1884a]. Dans la majeure partie du Jura central, ces horizons émergifs marno-calcaires se rapportent à des paléoenvironnements lagunaires essentiellement caractérisés par l'abondance/dominance d'Ostracodes d'eau saumâtre.

À environ 30 km à l'est de Neuchâtel, la région de Bienne fait exception par le remarquable développement de ces dépôts émergifs sur plus de 4 mètres d'épaisseur dans l'U. I. O., qui ont livré dans la coupe de Riedli/Bienne (cf. chap. 3, § 1.6) une association variée de microfossiles essentiellement laguno-lacustres caractérisant la Cénozone continentale M4 et permettant une bonne corrélation avec les Cinder Beds du domaine boréal [Mojon, 1989c] :

CHAROPHYTES (pour la taxonomie, voir aussi la liste, § 1.3) :

Clavatoracées :

Hemiglobator neocomiensis MOJON, 2002.

Dictyoelavator neocomiensis MOJON, 1989.

Perimneste horrida.

Perimneste micrandra.

Clavator reidi.

Flabellochara grovesi.

Porocharacées : *Porochara jaccardi*.

Characées : *Mesochara stipitata*.

Ostracodes (pour la taxonomie, voir aussi liste § 1.3.) :

– milieu lacustre :

Cypridea granulosa fasciculata (FORBES, 1855) – JONES, 1885.

Cypridea amisia WOLBURG, 1959.

Cypridea vidrana WOLBURG, 1959.

Scabriculocypris trapezoides.

Theriosynoecum forbesii forbesii.

Mantelliana wealdensis.

– milieu lagunaire saumâtre à salinité variable :

Fabanella boloniensis.

Macrodentina (Dictyocythere) mediostricta transfuga (SYLVESTER-BRADLEY, 1956) – MALZ, 1958.

Eoparacypris weedonensis.

Mantelliana purbeckensis.

Paranotacythere favulata.

GASTEROPODES LAGUNO-LACUSTRES (pour la taxonomie, voir aussi liste § 1.3.) :

Provalvata helicoides.

Proauriculastra dubisiensis.

Gyraulus loryi.

OSTRACODES MARINS (pour la taxonomie, voir U. I. O. de Valangin, p. 52) :

Valendocythere emslandensis.

Pseudoprotocythere aubersonensis.

Kentrodictyocythere typica.

Neocythere sp.

Cytherelloidea sp.

Schuleridea sp.

FORAMINIFÈRES BENTHIQUES :

Involutinidés :

Trocholina gr. *alpina-elongata* (LEUPOLD & BIGLER, 1935) – GUILLAUME, 1963.

Lituolidés : *Pseudocyclammina lituus* (YOKOYAMA, 1890) – YABE & HANZAWA, 1926.

cf. *Ammobaculites coprolithiformis* MOHLER, 1938.

Feurtillia aff. *frequens*.

Nautiloculina spp.

Discorbiidés :

“*Conicospirillina*” *basiliensis* MOHLER, 1938.

Ataxophragmiidés : “Valvulines”.

Nodosariidés : Lenticulines.

Miliolidés.

Les dépôts laguno-lacustres néocomiens de la région de Bienne font partie de la “Mergel-und-Kalk-Zone” (équivalent de l’U. I. O.) définie par Häfeli [1966], qui fut le premier à les signaler et à les étudier [Häfeli in Colloque sur le Crétacé inférieur, Lyon, 1963]. Il faut relever en outre dans la “Mergel-und-Kalk-Zone” de la coupe de Riedli/Bienne un exceptionnel banc de calcaire lacustre au sommet des faciès purbeckiens, avec de la rubéfaction et un important apport de quartz

détritique fin qui se retrouve régulièrement dans le Jura suisse occidental à la partie supérieure de l’U. I. O. [Steinhauser et Charollais, 1971] en précédant et annonçant l’installation des faciès de type wealdien sur la plate-forme jurassienne. La présence vraiment paradoxale de faciès à dominance lacustre au sein de l’intervalle transgressif majeur de l’U. I. O. est à souligner absolument. De plus, le gros bloc basculé de “Marbre bâtard” signalé par Mojon et Strasser [1987] dans les faciès mixtes marins et laguno-lacustres de la “Mergel-und-Kalk-Zone” fait vraisemblablement partie du remplissage d’un paléokarst éocétacé [Blanc et Mojon, 1996]. À cet égard, on peut concevoir que, bien qu’en majeure partie masquée par la transgression marine du Berriasien moyen, l’instabilité tectono-sédimentaire de la plate-forme jurassienne reconnue dès le Berriasien inférieur sur sa bordure sud par Détraz [1989] a sans doute contribué à former dans la région de Bienne un important paléorelief où des faciès émergifs de type purbeckien ont pu subsister [discontinuité stratigraphique DIIc de Détraz et Mojon, 1989].

Par contre, près de Neuchâtel, l’U. I. O. marno-calcaire de la coupe de Valangin a fourni un inventaire micropaléontologique remarquable [Mojon in Blanc, 1996] indiquant une influence marine dominante et un milieu de dépôt nettement plus profond :

CHAROPHYTES :

Porocharacées : *Porochara* cf. *jaccardi*.

OSTRACODES LAGUNO-LACUSTRES :

Cypridea granulosa fasciculata.

Macrodentina (Dictyocythere) mediostricta transfuga.

Eoparacypris weedonensis.

OSTRACODES MARINS (pour la taxonomie, voir aussi listes § 2.1 et 3.3) :

Valendocythere emslandensis (BARTENSTEIN & BURRI, 1954) – GRÜNDEL, 1969.

Pseudoprotocythere aubersonensis.

Parexophthalmocythere berriasensis.

Exophthalmocythere insignis.

Bairdia major.

Paracypris arcuatilis.

Paracypris regularis DONZE, 1964.

Palaeocytheridella? sp.

Neocythere flandrini.

Eocytheropteron abundens.

Paranotacythere favulata.

Vocontiana longicostata.

Phlyctocythere? *globulata*.

Polycope sp.

Euryitycythere sp.

Cytherelloidea aff. *rehburgensis*.

Schuleridea gr. *mediocaudata*.

Schuleridea aff. *praethoerenensis*.

Asciocythere gr. *circumdata-montis*.

Cytherella elongata.

Cytherella dilatata.

Cytherella turgida.

Kentrodictyocythere typica.
Xestoleberis? dimorpha.
Acrocythere diversa.

FORAMINIFÈRES BENTHIQUES :

Involutinidés : *Trocholina* gr. *alpina-elongata*.

Lituolidés : *Pseudocyclammina lituus*.

Feurtillia aff. *frequens*.

Nautiloculina cretacea PEYBERNÈS, 1976.

Nautiloculina broennimanni ARNAUD-VANNEAU & PEYBERNÈS, 1978.

Nodosariidés : *Lenticulina* (*Lenticulina*) gr. *muensteri* (ROEMER, 1939) – BARTENSTEIN & BRAND, 1951.

Lenticulina (*Vaginulopsis*) sp.

Lenticulina (*Astacolus*) sp.

Miliolidés.

PALYNOFLORE [Millioud, 1967] : Dinokystes marins abondants se rapportant paradoxalement au Tithonien téthysien ainsi qu'au Valanginien boréal [H. Leereveld, comm. pers. et écrite 1991], spores et pollens continentaux dont certains présentent un type angiospermien proche de celui des Monocotylédones [J. Médus, comm. pers. 1990].

La faune d'Ostracodes à dominance nettement marine récoltée dans l'U. I. O. de Valangin est tout à fait comparable à celles des alternances marno-calcaires hémipélagiques berriasiennes du "bassin" subalpin [Donze, 1964] et présente une nette affinité valanginienne par rapport au Valanginien basal de la coupe de Berrias, où le genre *Parexophthalmocythere* (Oertli, 1959b) constitue un marqueur caractéristique du Crétacé.

Concernant les Foraminifères benthiques, il faut aussi signaler ici les premiers Orbitolinidés (*Cribellopsis* sp.) présents dans l'U. I. O. de la coupe de Buttes [fig. 46C ; Adatte, 1988 ; Blanc, 1996].

La présence vers le SSW d'intercalations lagunaires fortement dessalées avec *Cypridea granulosa fasciculata* dans l'U. I. O. des coupes de Juracime, de Feurtilles et du Chapeau de Gendarme traduit l'existence d'un haut-fond d'orientation NE-SW entre Neuchâtel et St-Claude. Celui-ci a également pu être mis en évidence grâce à l'analyse palynologique des horizons ligniteux de l'U. I. O. du Jura central [Médus et Mojon, 1991], qui montre du SSW vers le NNE une augmentation quantitative des pollens par rapport aux spores en indiquant ainsi l'ennoyage progressif et la disparition des marais côtiers au profit d'une végétation plus franchement terrestre. Ces observations indiquent ainsi sur la plate-forme jurassienne les étapes successives de la transgression marine du Berriasien moyen à partir du "bassin" subalpin. Il est intéressant de relever que ce haut-fond permettant des apports d'eau douce à partir du nord (cours d'eau chenalisés) est disposé parallèlement aux zones de faciès de Donze [1958] sur une aire correspondant à la zone de faciès 6.

Les horizons émergifs marno-ligniteux de l'U. I. O. du Jura franco-suisse ont livré une riche palynoflore continentale très diversifiée [dét. J. Médus, 1989 ; Médus et Mojon, 1991] :

SPORES :

Ptérydophytes :

Acanthotriles varispinosus POCKOCK.

Baculatisporites wellmanii (COUPER) KRUTZSCH.

Cardioangulina parva DÖRING.

Cerebropollenites macroverrucosus (THIERGART) SCHULZE.

Cerebropollenites mesozoicus (COUPER) NILSSON.

Cf. *Cingulatisporites distaverrucosus* BRENNER.

Cf. *Trilobosporites* (T.) *rarigranulatus* DÖRING.

Concavisporites juriensis BALME.

Concavisporites twentianis BURGER.

Converrucosisporites proxigranulatus BRENNER.

Cyathidites minor COUPER.

Cyathidites aff. *minor* COUPER.

Deltoidospora germanica DÖRHÖFER.

Deltoidospora hallii MINER.

Deltoidospora psilostoma ROUSE.

Deltoidospora sp. A [in Dörhöfer, 1977].

Densoisporites microrugulatus BRENNER.

Dictyophyllidites equixinus (COUPER) DETTMANN.

Foveosporites subtriangularis (BRENNER) DÖRING.

Inaperturopollenites giganteus GOZAN.

Ischyosporites estherae DEAK.

Perotriletes pseudoreticulatus COUPER.

Pilasporites couperi HUNT.

Reticulatisporites sp.

Retitriletes semireticulatus (BURGER) DÖRHÖFER.

Staplinisporites caminus (BALME) POCKOCK.

Tuberositriletes grossetuberculatus (BOLKHOVITINA) DÖRING.

– type *Gleicheniacées* :

Gleicheniidites senonicus ROSS.

Gleicheniidites minor DÖRING.

Gleicheniidites major DÖRING.

Gleicheniidites sp.

– type *Schizéacées* :

Biorecord 1 cicatr AT [in Hughes et Moody Stuart, 1969].

Cicatricosisporites purbeckensis NORRIS.

Cicatricosisporites reticicatricosus DÖRING.

Cicatricosisporites striatus ROUSE.

Plicatella tricornitata WEYLAND & GREIFELD.

Sphénophytes ? :

Exesipollenites scabrosus NORRIS.

Spheripollenites psilatus BURGER.

Lycophytes :

Lycopodiumsporites pseudoannotinus NILSSON.

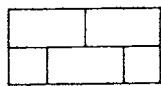
Lycopodiumsporites cerniidites (ROSS) DELCOURT & SPRUMONT.

POLLENS :

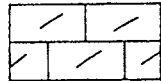
Caytoniales (Gymnospermes primitives) :

Eucommiidites minor GROOT & PENNY.

LITHOLOGIE :



CALCAIRES MASSIFS

CALCAIRES MARNEUX/
MARNO-CALCAIRESCALCAIRES MASSIFS D'ORIGINE
ÉVAPORITIQUE (DIAGENESE)BRECHES CONGLOMERATIQUES/
BRECHES DE COLLAPSE

MARNES



Surface de banc irrégulière



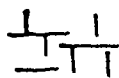
Rides de houle



Mud-cracks



Calcrete



Bréchification

FACIES (milieux de dépôt) :

- Faciès de lagon marin à restreint (dépôts subtidaux)
- Faciès d'estran (dépôts intertidaux)
- Faciès de sebkha et laguno-lacustres (dépôts supratidaux)

ELEMENTS DES FACIES ET MICROFACIES :



Ooides



Oncoïdes



Foraminifères benthiques



Echinodermes



Dasycladacées

Débris coquilliers (lamellibranches,
brachiopodes, gastéropodes)

Serpules



Cailloux et galets noirs



Intraclastes (cailloux et galets multicolores)



Bioturbations



Tapis algaires

Bréchification
Fissures de dessiccation
("circumgranular cracking")"Birdseyes" (cavités synsédimentaires, traces-
témoins de bulles gazeuses de CO₂, méthane, H₂S)Évaporites (gypse/anhydrite massifs, pseudomorphoses
calcitiques de gypse ou d'anhydrite, quartz authigènes)Rhizolithes
(traces de racines)

Spores et pollens



Ammonites

Trace de
Dinosaurien

Légende des figures 19 à 37.

Éléments de datation et de corrélation : M_{1a}, M_{1b}, M₂, M₃, M₄ : cénozones continentales [biozonation de Mojon *in* Détraz et Mojon, 1989].

Cheirolépidiacées :

Classopollis echinatus BURGER.

Classopollis hammenii BURGER.

Classopollis torosus (REISSINGER) BALME.

Podocarpacées :

Parvisaccites radiatus COUPER.

Parvisaccites sp.

DINOKYSTES MARINS (rares à abondants).

1.6. Description de la coupe de Riedli /Bienne (fig. 19 et 20)

La description et l'interprétation (sédimentologie et micropaléontologie) de cette coupe de référence a déjà fait l'objet de nombreux travaux [Häfeli, 1966 ; Mojon et Strasser, 1987 ; Mojon *in* Bandel, 1991 ; Mojon et Blanc, 1996]. Echantillons RB 1 à 60.

1.6.1. "Portlandien"/Tithonien (Formation de Twannbach)

– **RB 1.** Calcaires microsparitiques gris-jaunâtre. Ces calcaires massifs représentent des dépôts carbonatés très dolomitiques de sebkhas encore relativement peu confinées et saumâtres jouxtant la mer ouverte, qui ont été recristallisés et remplacés par une matrice calcitique au cours de la diagénèse (aspect parfois saccharoïde).

– **RB 2.** Calcaire bréchique contenant des intraclastes anguleux et centimétriques de micrite grise à fines laminations (tapis algaires) englobés dans une matrice microsparitique gris-jaunâtre (matrice dolomitique diagénétisée en calcite). Ce niveau bréchique résulte d'un craquèlement et d'un morcellement des tapis algaires sous l'effet de la dessiccation (assèchement périodique des lagunes saumâtres à tapis algaires, nettement plus confinées que les précédentes et annonçant l'émergence du Purbeckien à la limite Jurassique/Crétacé).

1.6.2. Purbeckien (Formation de Goldberg)

1.6.2.1. Marnes à gypse (faciès de sebkhas confinées à influences laguno-lacustres)

– **RB 3 à 7.** Marnes et calcaires marneux gris-rosâtre (lie-de-vin) à pseudomorphoses calcitiques d'évaporites (microcristaux lenticulaires de gypse), petits quartz authigènes bipyramidés et sphérules de quartzine (quartz authigènes pétaloïdes en "oursins"). Des petits cailloux noirs et quelques rares Charophytes (*Porochara maxima*) apparaissent au sommet de RB 3. Les marnes sus-jacentes (RB 5 et 7) ont par contre livré une riche association de microfossiles laguno-lacustres caractérisant la Cénozone continentale M1a. Charophytes : *Perimneste horrida*, *Perimneste micrandra* (rare), *Nodosoclavator bradleyi*, *Clavator reidi*, *Clypeator discordis*, *Porochara maxima*, *Porochara fusca*, *Mesochara stipitata*. Ostracodes : *Cypridea granulosa protogranulosa*, *Cypridea tumescens acrobeles*, *Cypridea mirabilis* (localité-type), *Scabricolocypis trapezoides*, *Scabricolocypis* aff. *acanthoides-cerastes*, *Mantelliana purbeckensis*, *Fabanella boloniensis*. Gastéropodes : *Provalvata helicoides*, *Provalvata sabaudiensis*, *Proauriculastra dubisiensis*, *Gyraulus loryi*. Vertébrés : débris d'os et dents de poissons (Pycnodontes, Téléostéens/Actinoptérygiens ; Sélaciens).

RB 5 correspond au niveau de référence des Marnes à gypse cité dans Mojon [1989a, 1989d].

1.6.2.2. Couches nymphéennes

Unité A (faciès lagunaires saumâtres à évaporitiques)

– **RB 8 à 16.** Bancs bréchifiés par de la bioturbation et de la dessiccation périodique. Calcaires micritiques et marnes de couleur grise (RB 8-10-12-13-14-16) avec ooides de milieu lagunaire saumâtre [Strasser, 1986], *bird's eyes*, intraclastes, cailloux et gros galets noirs (ø jusqu'à 5 cm). Les marnes ont livré une association mixte d'organismes laguno-lacustres (Cénozone continentale M1b) et marins. Charophytes : *Hemiglobator praecursor*, *Perimneste horrida*, *Perimneste micrandra*, *Nodosoclavator bradleyi*, *Clavator reidi*, *Flabellochara grovesi*, *Porochara maxima*, *Porochara jaccardi*, *Porochara fusca*, *Mesochara stipitata*. Ostracodes : *Cypridea granulosa protogranulosa*, *Cypridea dunkeri carinata*, *Cypridea tumescens praecursor*, *Cypridea mirabilis*, *Theriosynoecum forbesii forbesii*, *Darwinula leguminella*, *Septacandona eocretacea*, *Mantelliana purbeckensis*, *Fabanella boloniensis*, *Eoparacypis weedonensis*, *Paranotacythere favulata*, *Protocythere* cf. *revili*. Gastéropodes : opercules de *Cyclophoroidea*, *Hydrobia chopardiana*, *Loriolina loryana*, *Provalvata helicoides*, *Ceritellopsis complacita*, *Proauriculastra dubisiensis*, *Gyraulus loryi*. Lamellibranches de milieu lagunaire saumâtre : *Neomiodon* sp. Serpules. Foraminifères benthiques (rares petits Ataxophragmiidés). Ces couches présentent des intercalations discontinues (RB 9-11-15) de calcaires oolithiques (oomicrite/ooelmicrite) localement microsparitiques d'après les effets de la diagénèse (ooelmicrosparite) et correspondant à des *spillover* ou petites barres sableuses subtidales (lagon restreint).

– **RB 17-19-20-21.** Calcaire cryptocristallin (microsparite) jaune et azoïque, très friable et poreux, qui présente localement un aspect noduleux (texture *chickenwire* de l'anhydrite massive) ou fibreux (gypse secondaire recristallisé). Des remplissages de calcite fibreuse font penser à des fissures de dessiccation (assèchement temporaire) colmatées par du gypse secondaire. Cette couche correspond à un banc massif d'évaporites transformées en carbonate (calcite) au cours de la diagénèse. À la base, intercalation de calcaire microbréchique (RB 18) avec cailloux noirs et multicolores (intraclastes gris-beige), ainsi que des intraclastes du faciès évaporitique sous-jacent (RB 17). Ce niveau correspond probablement à une tempestite. Au sommet (RB 21), aspect très poreux (*bird's eyes*) et laminé (tapis algaires) avec présence de pseudomorphoses calcitiques d'évaporites (microcristaux isométriques et anhétraux d'anhydrite) et de quelques sphérules de quartzine, couleur beige-jaunâtre.

– **RB 22.** Calcaire micritique gris-jaunâtre à *bird's eyes*, fentes de dessiccation (*circumgranular cracking*), intraclastes, cailloux noirs, rares Charophytes et Ostracodes.

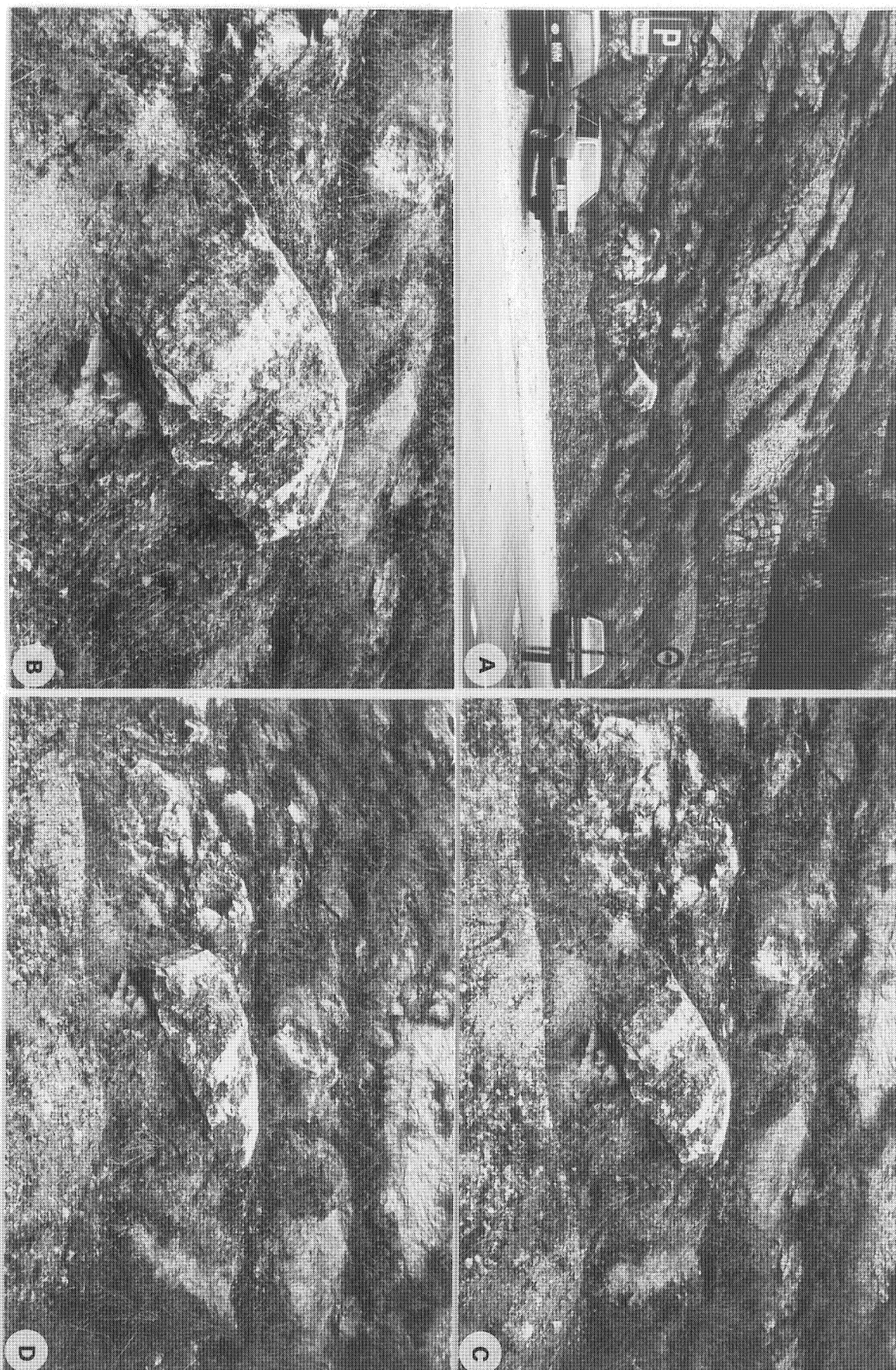


FIG. 20 – A, B, C et D : vues du bloc basculé faisant partie de la brèche d'effondrement et de remplissage du paléokarst du Berriasien moyen de la coupe de Riedli, près de Bienne, dans le Jura suisse occidental.

– **RB 23.** Marne jaunâtre à petits cailloux noirs, sphérules de quartzine, débris d'os de poissons Téléostéens et organismes laguno-lacustres de la Cénozone continentale M1b. Charophytes : *Clavator reidi*, *Porochara maxima*, *Porochara jaccardi*, *Porochara fusca*, *Mesochara stipitata*. Ostracodes : *Cypridea dunkeri carinata*, *Cypridea tumescens praecursor*, *Cypridea mirabilis*, *Fabanella boloniensis* (très abondants). Gastéropodes : *Provalvata helicoides*, *Provalvata sabaudiensis*. Niveau de marnes à Fabanelles cité dans Mojon [1989a].

– **RB 24.** Calcaire micritique gris-jaunâtre avec pseudomorphoses calcitiques de gypse, bréchifié par de la dessiccation périodique. Passées grossières et lumachelliques constituées de très nombreuses valves d'Ostracodes (*Fabanella boloniensis*) et quelques Charophytes (*Nodosoclavator bradleyi*).

– **RB 25.** Calcaire oolithique gris-beige (oopelmicrosparite) avec quelques Foraminifères benthiques (petits Ataxophragmiidés) et Charophytes remaniées (*Nodosoclavator bradleyi*).

– **RB 26.** Marnes beige-jaunâtre avec très nombreux Ostracodes laguno-lacustres, essentiellement *Fabanella boloniensis* (Marnes à Fabanelles). Il s'agit d'une accumulation de valves et de carapaces (larves et adultes) de *Fabanella boloniensis* pouvant être assimilée à une thanatocénose, à la suite d'un fort taux de mortalité dans un milieu à salinité, à température et à pérennité variables. Ce niveau a livré en outre d'autres Ostracodes de milieu lagunaire saumâtre et confiné (*Eoparacypris weodonensis*), quelques Charophytes (*Clavator reidi*, *Porochara maxima*, *Porochara fusca*) et débris d'os de poissons Téléostéens.

– **RB 27.** Calcaire micritique gris (pelbiomicrite) à Ostracodes (lumachelle à valves et carapaces de *Fabanella boloniensis*), Serpules et quelques Foraminifères benthiques (petits Ataxophragmiidés). Sommet du banc avec gros intraclastes micritiques.

– **RB 28.** Marne jaunâtre à *Fabanella boloniensis*.

– **RB 29.** Calcaire oolithique gris-jaunâtre (oopelmicrosparite) localement micritique, à cailloux noirs et multicolores (intraclastes micritiques gris-beige), à nombreuses valves d'Ostracodes (*Fabanella boloniensis*) et quelques Foraminifères benthiques (petits Ataxophragmiidés). Surface de banc présentant des rides de houle (*ripple-marks* asymétriques et à crêtes sinueuses, associées à des rides d'interférence) et de gros intraclastes micritiques. Ce niveau correspond à un *spillover* important (barre sableuse bioclastique) généré par des courants sous une faible tranche d'eau (lagon restreint à salinité variable, plus ou moins dessalé et saumâtre).

– **RB 30.** Marne jaunâtre avec quelques Ostracodes (*Fabanella boloniensis*).

– **RB 31.** Calcaire micritique jaunâtre à gris-beige foncé, avec des pseudomorphoses calcitiques de microcristaux de gypse, fissures de dessiccation, Charophytes

(*Nodosoclavator bradleyi*, *Clavator reidi*, *Porochara jaccardi*), Ostracodes indét. et débris de Gastéropodes.

Unité B (faciès bréchifiés à dominance laguno-lacustre)

– **RB 32.** Calcaire micritique gris-beige, localement microbréchique, à cailloux noirs et multicolores (intraclastes micritiques gris-beige à brun foncé). Banc d'aspect noduleux, très bréchifié par de la bioturbation et de la dessiccation périodique, injecté par les marnes lie-de-vin sus-jacentes (RB 33).

– **RB 33.** Marnes gris-rosâtre (lie-de-vin) à cailloux noirs et multicolores, pseudomorphoses calcitiques de microcristaux de gypse, Serpules, Lamellibranches de milieu lagunaire saumâtre (*Neomiodon* sp.) et riche association de microfossiles laguno-lacustres de la Cénozone continentale M1b. Charophytes : *Hemiglobator praecursor*, *Perimneste horrida*, *Perimneste micrandra*, *Dictyoclavator fieri* (rare), *Nodosoclavator bradleyi*, *Clavator reidi*, *Flabellochara grovesi*, *Porochara maxima*, *Porochara jaccardi*, *Porochara fusca*, *Mesochara harrisi*, *Mesochara stipitata*. Ostracodes : *Cypridea granulosa protogranulosa*, *Cypridea dunkeri carinata*, *Cypridea tumescens praecursor*, *Cypridea* gr. *peltoides*, *Theriosynoecum forbesii forbesii*, *Bisulcocypris dilatata*, *Darwinula leguminella*, *Fabanella boloniensis*. Gastéropodes : opercules de *Cyclophoroidea*, *Maillardinus sanctus-claudius*, *Juramelanatria rugosa*, *Provalvata helicoides*, *Ceritelopsis complacita*, *Proauriculastra dubisiensis*, *Juramarinula durlstonensis*, *Gyraulus loryi*, *Proauricula jaccardi*.

– **RB 34 à 38.** Calcaires micritiques (RB 34 et 38), très bioturbés et bréchifiés, avec *bird's eyes*, fissures de dessiccation périodique, cailloux noirs et multicolores. Ces micrites sont profondément injectées par des marnes grises à cailloux noirs et multicolores (RB 35-37-39), à nombreux organismes laguno-lacustres de la Cénozone continentale M1b [RB 35, niveau de référence cité dans Mojon, 1989a]. Charophytes : *Hemiglobator praecursor*, *Perimneste horrida*, *Perimneste micrandra*, *Nodosoclavator bradleyi*, *Clavator reidi*, *Flabellochara grovesi*, *Porochara maxima*, *Porochara jaccardi*, *Porochara fusca*, *Mesochara stipitata*. Ostracodes : *Cypridea granulosa protogranulosa*, *Cypridea dunkeri carinata*, *Cypridea tumescens tumescens*, *Cypridea tumescens praecursor*, *Cypridea* gr. *peltoides*, *Theriosynoecum forbesii forbesii*, *Bisulcocypris dilatata*, *Darwinula leguminella*, *Mantelliana wealdensis*, *Fabanella boloniensis*, *Eoparacypris weodonensis*. Gastéropodes : *Juramelanatria rugosa*, *Provalvata helicoides*, *Provalvata sabaudiensis*, *Ceritelopsis complacita*, *Proauriculastra dubisiensis*, *Juramarinula durlstonensis*, *Prophysa bristovii*, *Gyraulus loryi*, *Proauricula jaccardi*, *Cherusiola mojon* (localité-type). Serpules. Lamellibranches de milieu lagunaire saumâtre : *Neomiodon* sp. Rares Foraminifères benthiques transportés par des cyclones ou des ouragans : petits Ataxophragmiidés et Nodosariidés : *Lenticulina* (*Lenti-*

culina) gr. *muensteri*. RB 36 correspond à une microbrèche conglomératique gris-clair, à éléments polygéniques (brèches de type “nougat” du Purbeckien jurassien) tels que cailloux noirs et multicolores (intraclastes micritiques à Charophytes), qui représente une tempestite (dépôt de tempête).

– **RB 39.** Marne grise à cailloux noirs et multicolores, avec organismes laguno-lacustres très abondants et diversifiés de la Cénozone continentale M2 [niveau de référence cité dans Mojon, 1989a]. Charophytes : *Hemiglobator protoincrassatus*, *Perimneste horrida*, *Perimneste micrandra*, *Nodosoclavator bradleyi*, *Clavator reidi*, *Flabellochara grovesi*, *Porochara maxima*, *Porochara jaccardi*, *Mesochara stipitata*. Ostracodes : *Cypridea granulosa granulosa*, *Cypridea granulosa protogranulosa*, *Cypridea dunkeri carinata*, *Cypridea tumescens tumescens*, *Cypridea tumescens praecursor*, *Cypridea* gr. *peltoides*, *Bisulcocypis dilatata*, *Darwinula leguminella*, *Septacandona eocretacea*, *Mantelliana purbeckensis*, *Fabanella boloniensis*, *Eoparacypris weedonensis*, *Paranotacythere favulata*. Gastéropodes : opercules de *Cyclophoroidea*, *Loriolina loryana*, *Provalvata helicoides*, *Ceritellopsis complacita*, *Ptychostylus harpaeformis*, *Proauriculastra dubisiensis*, *Prophysa bristovii*, *Gyraulus loryi*, *Proauricula jaccardi*. Lamellibranches saumâtres : *Neomiodon* sp. Serpules.

– **RB 40-41.** Calcaires micritiques gris à *bird's eyes* et fissures de dessiccation périodique. Banc très bioturbé et bréchifié dans sa partie supérieure.

– **RB 42.** Brèche conglomératique chenalisée à galets noirs et multicolores (intraclastes) centimétriques. Galets noirs et intraclastes micritiques avec *bird's eyes* et Charophytes (faciès d'estran et laguno-lacustre remaniés), souvent perforés par des lithophages. Ce niveau généré par la petite transgression marine de la fin du Purbeckien (annonçant la transgression majeure du Berriasien moyen) correspond à un chenal de marée (emprunté à marée basse par une rivière), qui entaille la plaine d'estran (faciès précédent) et forme un estuaire.

– **RB 43.** Marne jaunâtre à cailloux noirs et organismes laguno-lacustres des Cénozones continentales M3 et M4. Charophytes : *Hemiglobator maillardi*, *Hemiglobator neocomiensis* (rare), *Perimneste horrida*, *Perimneste micrandra*, *Clavator reidi*, *Flabellochara grovesi*, *Porochara jaccardi*. Ostracodes : *Fabanella boloniensis*. Gastéropodes : opercules de *Cyclophoroidea*, *Maillardinus sanctusclaudius*, *Loriolina loryana*, *Provalvata helicoides*, *Proauriculastra dubisiensis*, *Gyraulus loryi*.

1.6.3. Formation de Pierre-Châtel.

1.6.3.1. Unité Inférieure Oolithique (U. I. O.)

– **RB 44.** Calcaire oolithique gris (oomicrite avec ooides marins de type bahamien), avec petits cailloux noirs disséminés et nombreux Foraminifères benthiques (Trocholines, Miliolles, petits Ataxophragmiidés).

– **RB 45 à 47.** Calcaires et marno-calcaires oolithiques, jaunâtres et ferrugineux (RB 45 et 47), associés à une brèche d'effondrement (RB 46) dont ils forment la matrice. Faciès grumeleux avec Foraminifères benthiques (Trocholines : *Trocholina* gr. *alpina-elongata* ; grands Lituolidés : *Pseudocyclammina lituus*, cf. *Ammobaculites coprolithiformis* ; Discorbiidés : *Conicospirillina* *basiliensis* ; Nodosariidés : *Lenticulina* spp.), débris de Lamellibranches et d'Échinodermes (plaques et radioles, fragments de *Toxaster granosus*), dents broyeuses de Pycnodontidés (poissons durophages Téléostéens/Actinoptérygiens), Gastéropodes (Nérinées), Ostracodes marins (*Valandocythere emslandensis*, *Neocythere* sp.) et organismes laguno-lacustres remaniés de la Cénozone continentale M4. Charophytes : *Hemiglobator neocomiensis*, *Dictyoclavator neocomiensis*, *Perimneste horrida*, *Perimneste micrandra*. Ostracodes : *Fabanella boloniensis*.

L'échantillon RB 46 a été prélevé dans un grand bloc basculé métrique d'environ 3 m³ (fig. 18) provenant de la partie sommitale de la coupe et faisant partie de la brèche d'effondrement et de remplissage, qui englobe de même plusieurs blocs anguleux du faciès “Marbre bâtard” constitués de calcaires micritiques à micro-sparitiques blanchâtres avec oncoïdes, ooides, pellets, Dasycladacées, Gastéropodes (Nérinées) et de nombreux Foraminifères benthiques tels que Trocholines, Miliolles, Ataxophragmiidés (*Siphovallulina* sp., *Valvulina* cf. *lugeoni*), Nodosariidés (*Lenticulina* gr. *muensteri*, *Astacolus* sp.) et Lituolidés (*Pseudocyclammina lituus*, *Nautiloculina cretacea*). Le microfaciès de ces blocs correspond tout à fait à celui des échantillons RB 59-60 du “Marbre bâtard” au sommet de la coupe. D'après les observations effectuées, ce petit olistolithe constitue un remplissage de paléokarst [Blanc et Mojon, 1996], qui présente dans sa partie inférieure des “poches” de marnes jaunâtres (RB 45) riches en Charophytes de la Cénozone continentale M4 (faciès lacustre de RB 55 tombé et remanié dans le paléokarst).

Longtemps attribués uniquement à des remplissages de poches karstiques sidérolithiques de l'Éocène [Hooker et Weidmann, 2000], les anciens karsts éocétacés (Berriasien) du Jura suisse occidental ont très probablement été réactivés lors d'émersions en fonctionnant comme niveau de base pour l'écoulement des eaux phréatiques, non seulement au Tertiaire inférieur mais aussi à plusieurs reprises au cours des temps géologiques comme au Valanginien [Blanc, 1996] et au Miocène au cours de la phase principale de formation des plissements jurassiens.

– **RB 48 à 50.** Partie inférieure du banc (RB 48) de couleur claire (blanchâtre) et contenant de gros oncoïdes centimétriques (microfaciès comparable à celui du “Marbre bâtard” sus-jacent), puis calcaires oolithiques jaunâtres (RB 49-50) avec débris coquilliers et un peu de glauconie. Au sommet, surface de banc couverte par

de petits Ostréides et un mince niveau de marne grumeleuse jaunâtre.

– **RB 51-52.** Calcaire micritique gris clair, avec Dasycladacées (*Clypeina jurassica*, *Actinoporella podolica*), Ostracodes, Gastéropodes et un peu de quartz détritique fin. Surface du banc irrégulière et bioturbée, d'aspect noduleux, avec laminations, ondulations et bombements caractéristiques de tapis algaires.

– **RB 53.** Marne rosâtre, avec quartz détritique fin et organismes laguno-lacustres de la Cénozone continentale M4. Charophytes : *Hemiglobator neocomiensis*, *Dictyoclavator neocomiensis*, *Perimneste horrida*, *Perimneste micrandra*. Ostracodes : *Cypridea granulosa fasciculata*, *Cypridea amisia*, *Cypridea vidrana*, *Scabriculocypris trapezoides*, *Fabanella boloniensis*, *Macrodentina (Dictyocythere) mediostricta transfuga*, *Eoparacypris weedonensis*. Gastéropodes : *Proauriculastra dubisiensis*, *Gyraulus loryi*. Quelques Ostracodes marins : *Kentrodictyocythere typica*, *Schuleridea* sp. Dents de Pycnodontes (poissons Téléostéens/Actinoptérygiens).

– **RB 54.** Calcaire lacustre jaunâtre (biomicrite), riche en Charophytes de la Cénozone continentale M4 (cf. RB 55).

– **RB 55.** Marne jaune-ocre, ferrugineuse, riche en quartz détritique fin et en microfossiles laguno-lacustres de la Cénozone continentale M4 [niveau de référence cité dans Détraz et Mojon, 1989 ; Mojon, 1989c, 1996, 2002]. Charophytes : *Hemiglobator neocomiensis* (localité-type), *Dictyoclavator neocomiensis* (localité-type), *Perimneste horrida*, *Perimneste micrandra*, *Nodosoclavator bradleyi*, *Clavator reidi*, *Flabellochara grovesi*, *Porochara jaccardi*, *Mesochara stipitata* [= *M. harrisi* dans Mojon, 1989c]. Ostracodes : *Cypridea amisia*, *Cypridea vidrana*, *Theriosynoecum forbesii forbesii*, *Fabanella boloniensis*, *Macrodentina (Dictyocythere) mediostricta transfuga*, *Eoparacypris weedonensis*, *Mantelliana purbeckensis* (rare), *Mantelliana wealdensis* (rare), *Paranotacythere favulata*. Gastéropodes : *Provalvata helicoides*, *Proauriculastra dubisiensis*, *Gyraulus loryi*. Dents de Pycnodontidés (poissons durophages Téléostéens/Actinoptérygiens) et rares petits Foraminifères benthiques transportés (vent, tempêtes) : *Feurtillia* aff. *frequens* (Lituolidés).

– **RB 56.** Calcaire micritique gris-jaunâtre avec Gastéropodes de milieu lagunaire saumâtre et quartz détritique fin.

– **RB 57.** Calcaire oolithique jaunâtre (oomicrite) avec quelques débris coquilliers. Surface de banc couverte de petits Ostréides (Lamellibranches de milieu marin confiné).

– **RB 58.** Marne oolithique jaunâtre avec quartz détritique fin, Foraminifères benthiques (cf. RB 59-60), débris coquilliers (Mollusques, Brachiopodes), débris d'Échinodermes (plaques et radioles d'Échinides), Ostracodes marins (*Valendocythere emslandensis*, *Pseudoprotocythere aubersonensis*, *Kentrodictyocythere typica*, *Schuleridea* sp., *Neocythere* sp.,

Cytherelloidea sp.), ainsi que des Charophytes et des Ostracodes laguno-lacustres remaniés de la Cénozone continentale M4 (*Hemiglobator neocomiensis*, *Dictyoclavator neocomiensis*, *Perimneste horrida*, *Perimneste micrandra*, *Clavator reidi*, *Flabellochara grovesi*, *Porochara jaccardi*, *Mesochara stipitata*, *Fabanella boloniensis*, *Eoparacypris weedonensis*).

1.6.3.2. Unité Moyenne Calcaire Massive (U. M. C. M., Marbre bâtard)

– **RB 59-60.** Calcaires massifs blanchâtres, à oncoïdes, ooides, pellets, débris coquilliers divers (Lamellibranches, Gastéropodes : Nérinées et Natices, Brachiopodes et Échinodermes), Dasycladacées, Foraminifères benthiques : *Trocholina* gr. *alpina-elongata*, Miliolles, *Pseudocyclammina lituus*, cf. *Ammobaculites coprolithiformis*, *Feurtillia* aff. *frequens*, *Nautiloculina cretacea*, *Lenticulina (Lenticulina)* gr. *muensteri*, *Lenticulina (Astaculus)* sp., Polymorphinidés, Ataxophragmiidés ("Valvulines"). A sa base, ce faciès contient encore du quartz détritique fin (RB 59).

À son sommet, bien que très tectonisée et d'interprétation difficile, la coupe se poursuit par environ 2 m de faciès "Marbre bâtard" présentant des indices de paléokarstification contemporains de la brèche de remplissage reconnue plus bas [Blanc et Mojon, 1996].

1.7. Description de la coupe de la carrière Juracime (fig. 21 et 22 A à E ; échantillons Ju 1 à 55)

1.7.1. "Portlandien"/Tithonien (Formation de Twannbach, partie sommitale principalement constituée de calcaires "dolomitiques" d'aspect crayeux)

– **Ju 1 et 2.** Calcaires massifs gris microsparitiques, homogènes dans leur partie inférieure (Ju 1), puis avec *ripple-marks* et bioturbations de Crustacés renfermant des coprolithes de *Favreina salevensis* dans la partie supérieure (Ju 2). Au sommet, surface de *mud-cracks* sur 10 cm d'épaisseur indiquant un épisode important d'assèchement et de dessiccation.

– **Ju 3 à 5.** Banc de calcaire massif "dolomitique" très poreux et de couleur claire (blanc-jaunâtre), d'aspect rubanné et bréchiq dans sa partie supérieure. Matrice microsparitique et microbréchiq, avec de petits intraclastes millimétriques. A la base et au sommet (Ju 3 et 5), remarquables brèches de collapse liées à la dissolution d'évaporites qui présentent de gros intraclastes micritiques gris de taille centimétrique enrobés dans une matrice microsparitique jaunâtre contenant de petites boules de calcédoine (silice authigène formant des sphérules de quartzine).

– **Ju 6.** Marne verte conglomératique (jaune par altération).

– **Ju 7.** Calcaire microsparitique gris très poreux, à structure interne rubannée et bréchiq par dissolution

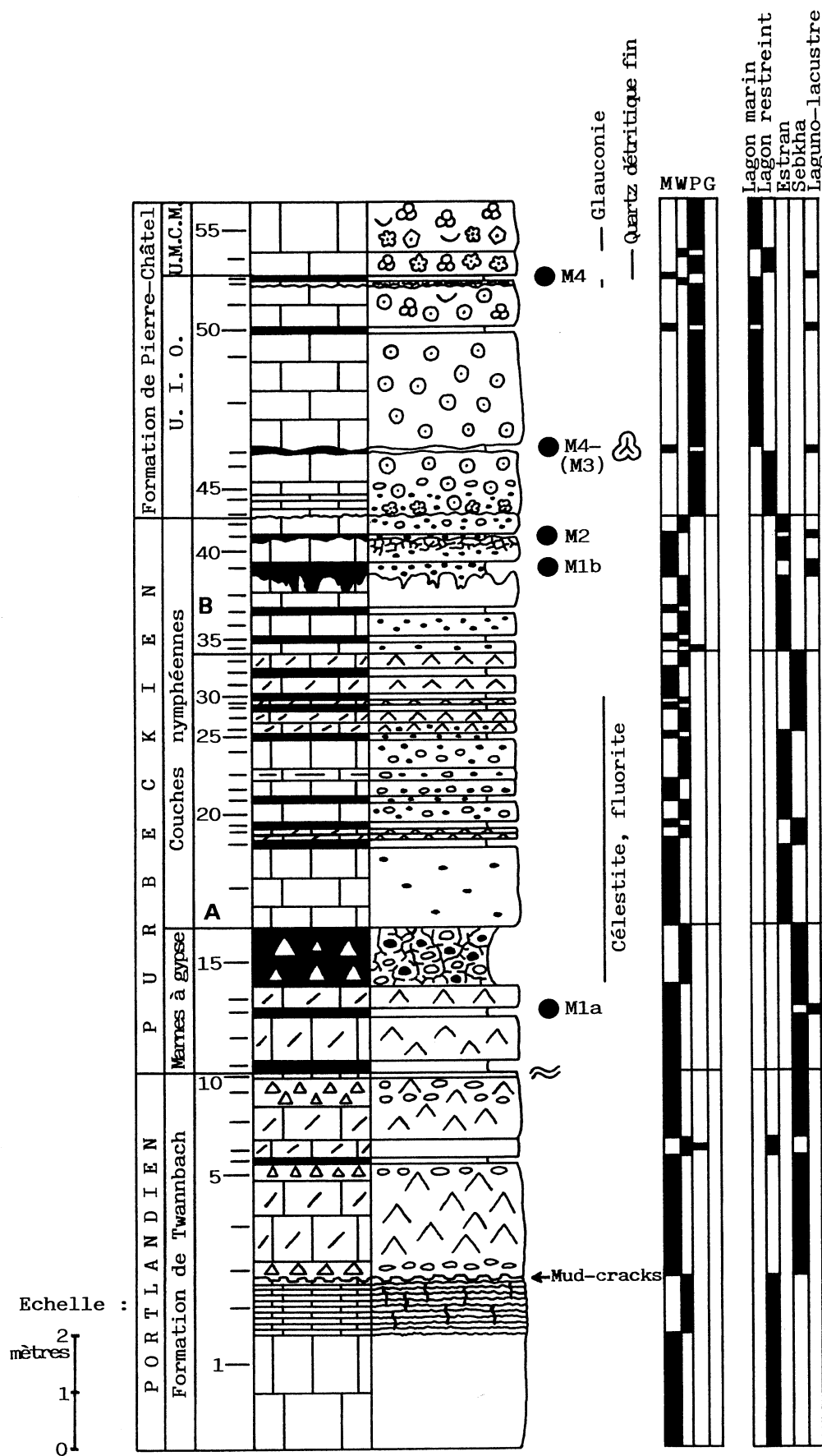


FIG. 21.— Levé de la coupe de la carrière Juracime (Jura suisse occidentale). Pour la légende, se reporter à la figure 19.

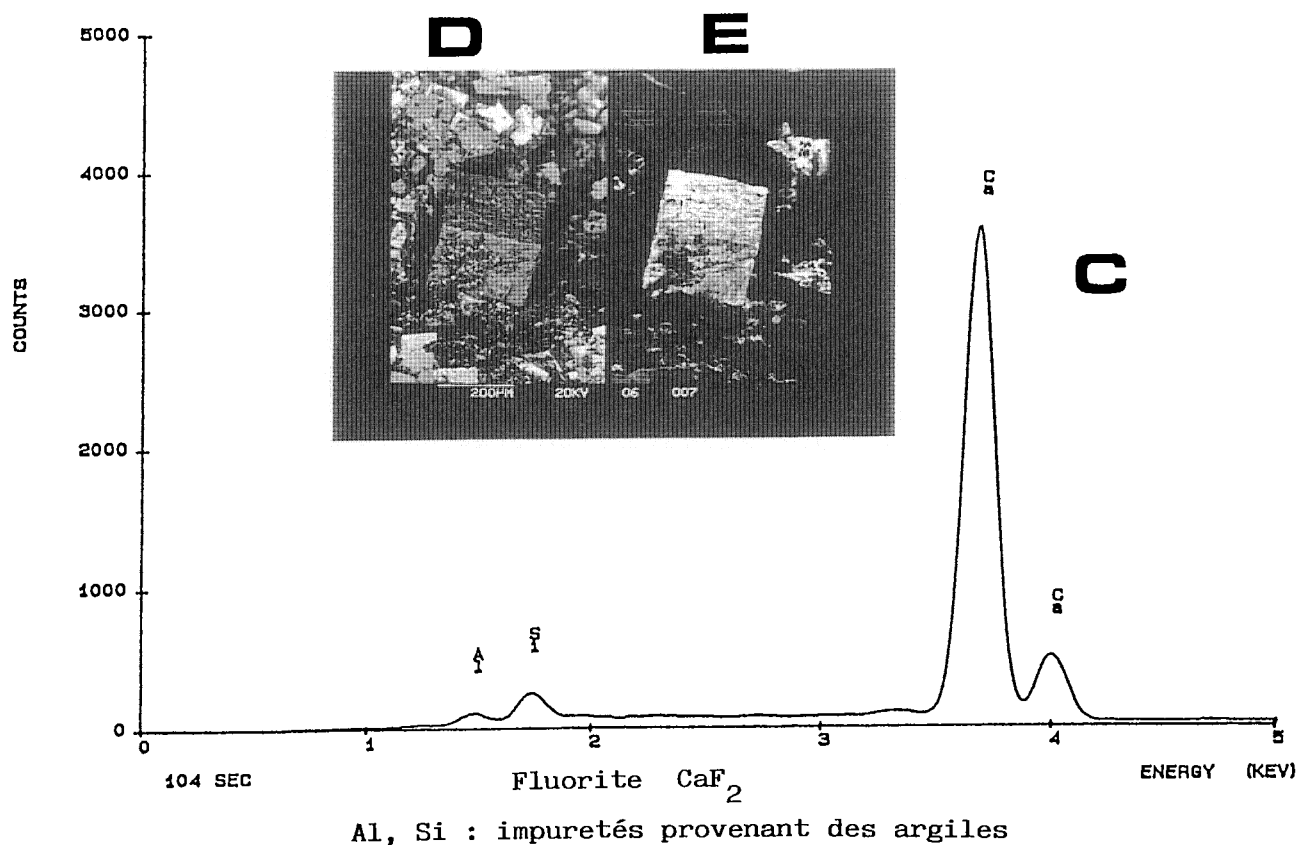
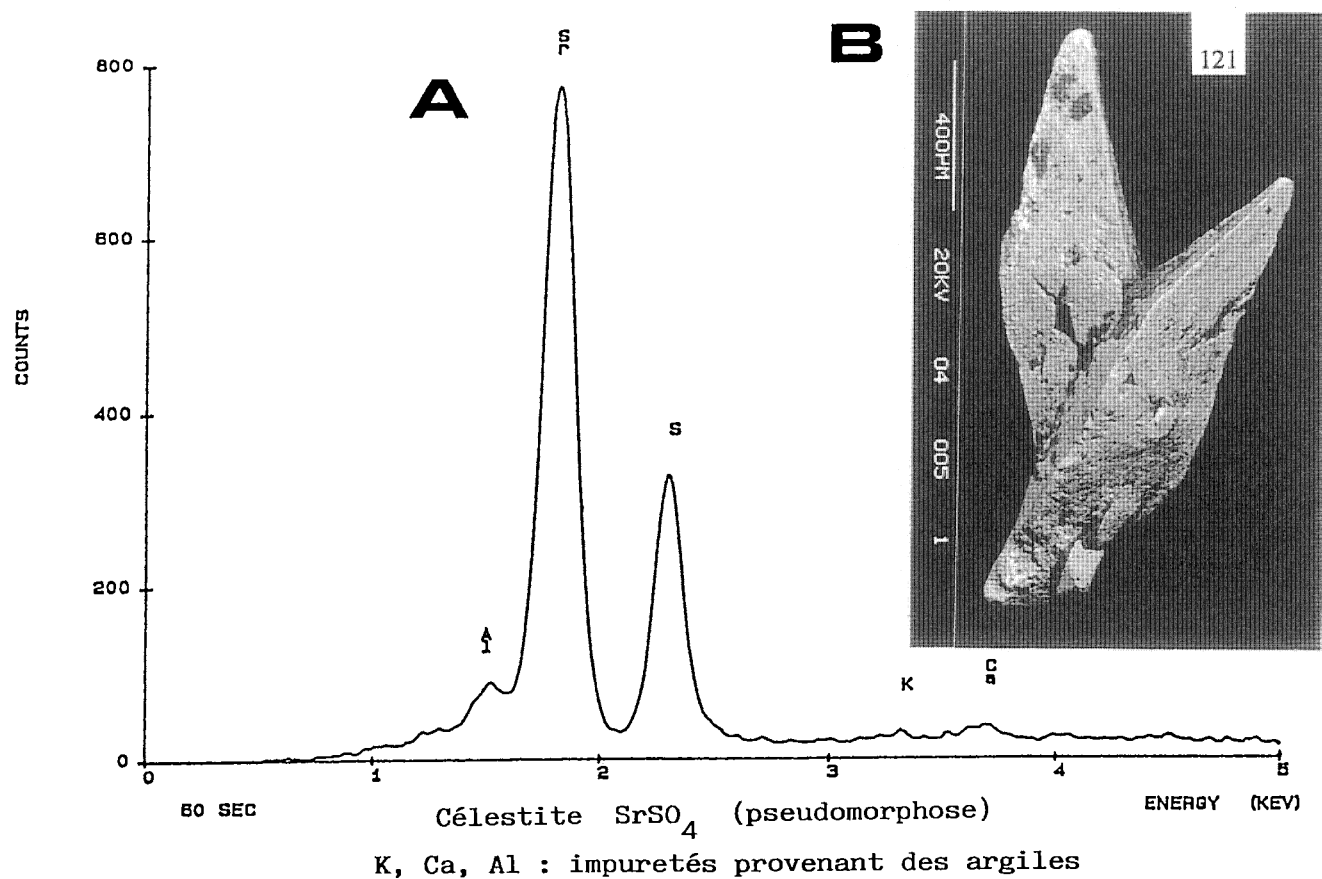


FIG. 22.—Minéralisations particulières liées aux dépôts évaporitiques de sebkhas du Purbeckien du Jura central (carrière Juracime, échantillons Ju). Collection MGL (leg P.-O. Mojon 1985). A et B : célestite, pseudomorphose de cristaux de gypse (éch. Ju 28). C, D et E : fluorite (éch. Ju 15). D, image par rétrodiffusion. E, image par cathodoluminescence. A et C : diagrammes d'analyse établis avec la microsonde du microscope électronique à balayage (MEB) de l'Institut de Métallurgie structurale de l'Université de Neuchâtel, les atomes de masse inférieure au sodium (fluor) ne sont pas identifiables et ne peuvent donc être reportés sur le diagramme C. B, D et E : photographies au MEB (même source).

d'évaporites, avec de gros intraclastes micritiques beiges englobant un très beau faciès à pellets et coprolithes de *Favreina salevensis* (Crustacés).

– **Ju 8-9.** Banc de calcaire massif “dolomitique” très poreux et de couleur blanc-jaunâtre à grise. Partie inférieure microsparitique et microbréchique (Ju 8), avec intraclastes millimétriques et pseudomorphoses de cristaux d'anhydrite “en baguettes”. Partie supérieure micritique (Ju 9) et rubannée constituée de laminations (installation de tapis algaires) bréchifiées formant un mélange panaché d'intraclastes de couleur grise et jaune.

– **Ju 10.** Calcaire micritique jaunâtre, très poreux, avec de nombreuses pseudomorphoses de cristaux d'anhydrite, finement laminé (tapis algaires) et bréchifié par la dissolution partielle des évaporites.

1.7.2. Purbeckien (dépôts lagunaires et évaporitiques de sebkhas principalement)

1.7.2.1. Marnes à gypse

– **Ju 11.** Marne verte à quartz authigènes bipyramidés, aggrégats “en oursins” de cristaux de quartz bipyramidés et sphérules de quartzine.

– **Ju 12.** Calcaire massif “dolomitique” très poreux et de couleur blanc-jaunâtre, matrice microsparitique et structure interne bréchique liée à la dissolution d'évaporites.

– **Ju 13.** Marne gris-clair conglomératique (gros intraclastes du substrat sous-jacent de Ju 12) contenant des quartz authigènes bipyramidés, des sphérules de quartzine, des pseudomorphoses calcitiques de microcristaux de gypse, ainsi que quelques Charophytes et Ostracodes laguno-lacustres de la Cénozone continentale M1a. Charophytes : *Nodosoclavator bradleyi*, *Clypeator discordis*, *Porochara maxima*. Ostracodes : *Cypriidea tumescens acrobeles*.

– **Ju 14.** Banc de calcaire massif “dolomitique” très poreux et de couleur jaunâtre à grise, présentant une structure rubannée et bréchifiée induite par de la dissolution d'évaporites. Quartz authigènes bipyramidés abondants.

– **Ju 15.** Marnes noires conglomératiques enrobant des blocs de calcaires micritiques gris foncé, rubannés et bréchifiés par de la dissolution d'évaporites (brèches de collapse). Quartz authigènes bipyramidés très abondants, sphérules de quartzine et pseudomorphoses de cristaux de gypse en célestite (fig. 22 A, B). Ce niveau marneux a livré quelques Charophytes (*Nodosoclavator bradleyi*, *Porochara maxima*, *Porochara fusca*).

À propos des minéralisations secondaires liées aux évaporites, il faut signaler ici que les bancs 15 à 29 présentent une association minéralogique remarquable composée de célestite (cristaux orthorhombiques centimétriques de couleur bleu clair) et de fluorite (cristaux cubiques millimétriques de couleur jaune clair, fig. 22 C à E).

1.7.2.2. Couches nymphéennes.

Unité A (à dominance évaporitique)

– **Ju 16.** Calcaire micritique gris à rares petits cailloux noirs, avec quelques Charophytes (gyrogonites de *Porochara maxima* et *Porochara fusca*) et carapaces d'Ostracodes de milieu lagunaire saumâtre (*Fabanella boloniensis*). À la base, fragments centimétriques de lignite.

– **Ju 17.** Marne beige.

– **Ju 18.** Calcaires micritiques blanchâtres (1^{er} banc) à gris-beige (2^e banc), avec pseudomorphoses de cristaux de gypse, finement laminés et microbréchiques par dissolution partielle et locale des évaporites. Entre ces deux bancs calcaires, mince niveau de marne noire riche en quartz authigènes bipyramidés.

– **Ju 19.** Marne verte.

– **Ju 20.** Calcaire micritique gris microbréchique, à cailloux noirs et multicolores (intraclastes) millimétriques.

– **Ju 21.** Marne verte avec petits cailloux noirs.

– **Ju 22.** Calcaire micritique gris avec quelques cailloux noirs et multicolores millimétriques, ainsi que des pseudomorphoses de cristaux de gypse dans la partie inférieure.

– **Ju 23.** Calcaire micritique et marneux beige-brun, d'aspect rubanné, avec quelques cailloux noirs et multicolores (intraclastes) ainsi que des débris charbonneux.

– **Ju 24.** Calcaire micritique gris-beige, fortement bioturbé et microbréchique avec cailloux noirs et multicolores centimétriques.

– **Ju 25.** Marne beige à petits cailloux noirs.

– **Ju 26-27.** Calcaires micritiques grisâtres et très poreux, pétris de pseudomorphoses en célestite de cristaux de gypse, avec quelques rares cailloux noirs. 1^{er} banc homogène, 2^e banc à laminations marneuses noires bien marquées contenant une grande abondance de quartz authigènes bipyramidés. Il s'agit là d'un horizon de sebkha particulièrement remarquable et bien visible.

– **Ju 28.** Marne noire à quartz authigènes bipyramidés.

– **Ju 29.** Calcaire micritique grisâtre à laminations noires, tout à fait semblable à Ju 27.

– **Ju 30.** Marne grise.

– **Ju 31.** Calcaire micritique blanchâtre et poreux, d'aspect crayeux, avec quelques petits intraclastes et fissures de dessiccation.

– **Ju 32.** Marne grise.

– **Ju 33.** Calcaire micritique beige clair, d'aspect crayeux (poreux), avec pseudomorphoses de cristaux de gypse et fissures de dessiccation.

Unité B (à dominance laguno-lacustre)

– **Ju 34.** Calcaire micritique gris-beige foncé, d'aspect rubanné, avec dans sa partie inférieure quelques petits cailloux noirs ainsi que des intraclastes (faciès Ju 33) et des laminations riches en pellets.

– **Ju 35.** Marne verte.

– **Ju 36.** Calcaire micritique gris-beige foncé, microbréchique à cailloux noirs et multicolores, présentant dans sa partie supérieure des laminations riches en pellets et débris charbonneux.

– **Ju 37.** Marne verdâtre à beige contenant des Charophytes et des Ostracodes de milieu lagunaire saumâtre. Charophytes : *Clavator reidi*, *Porochara jaccardi*, *Porochara fusca*. Ostracodes : *Fabanella boloniensis*.

– **Ju 38.** Calcaire micritique gris foncé à fines laminations, profondément raviné par le niveau marneux superposé (Ju 39).

– **Ju 39.** Marne brun foncé à cailloux noirs centimétriques et débris charbonneux, riche en microfossiles et notamment en Charophytes et Ostracodes laguno-lacustres de la Cénozone continentale M1b. Charophytes : *Hemiglobator praecursor*, *Nodosoclavator bradleyi*, *Clavator reidi*, *Flabellochara grovesi*, *Porochara maxima*, *Porochara jaccardi*, *Porochara fusca*, *Mesochara harrisi*. Ostracodes : *Cypridea dunkeri carinata*, *Cypridea tumescens praecursor*, *Theriosynoecum forbesii forbesii*, *Bisulcocypsis dilatata*, *Darwinula leguminella*, *Mantelliana purbeckensis*, *Fabanella boloniensis*, *Paracypris* sp. Gastéropodes : *Provalvata helicoides*, *Proauriculastra dubisiensis*, *Gyraulus loryi*. Lamellibranches : *Neomiodon* sp. Foraminifères benthiques : *Lenticulina* (*Lenticulina*) gr. *muensteri* (rare). Vertébrés : dents broyeuses de Pycnodontidés (poissons durophages Téléostéens/Actinoptérygiens).

– **Ju 40.** Calcaire micritique beige clair, microbréchique à rares petits cailloux noirs, Charophytes et Ostracodes (cf. Ju 39). Forte bréchification et bioturbation dans la partie supérieure profondément injectée par la marne brune sus-jacente (Ju 41), avec formation de gros intraclastes micritiques de taille centimétrique. Parfois, le niveau de marne brune a été localement érodé et le banc Ju 40 est directement raviné par le dépôt du banc Ju 42.

– **Ju 41.** Marne brune à cailloux noirs centimétriques formant un niveau lenticulaire et discontinu, riche en microfossiles laguno-lacustres de la Cénozone continentale M2. Charophytes : *Hemiglobator protoincrassatus*, *Perimneste horrida*, *Nodosoclavator bradleyi*, *Clavator reidi*, *Flabellochara grovesi*, *Porochara maxima*, *Porochara jaccardi*, *Porochara fusca*. Ostracodes : *Cypridea dunkeri carinata*, *Cypridea tumescens praecursor*, *Theriosynoecum forbesii forbesii*, *Fabanella boloniensis*. Gastéropodes : *Bithynia sautieriana*, *Hydrobia chopardiana*, *Provalvata helicoides*, *Provalvata sabaudiensis*, *Proauriculastra dubisiensis*. Serpules.

– **Ju 42.** Calcaire micritique gris verdâtre. Partie inférieure à rares petits cailloux noirs et *bird's eyes* passant vers le haut à une texture microbréchique à nombreux cailloux noirs et multicolores centimétriques.

1.7.3. Formation de Pierre-Châtel

1.7.3.1. Unité Inférieure Oolithique (U. I. O.)

– **Ju 43.** Calcaire micritique gris très foncé et riche en pyrite, avec gros oncoïdes et cailloux noirs centimétriques, débris de Lamellibranches (petits Ostréïdes) et gyrogonites de Charophytes.

– **Ju 44-45.** Calcaires micritiques gris foncé, à passées fines (micrite) et grossières (pellets, débris de Lamellibranches), quelques oncoïdes, oïdes et débris charbonneux.

– **Ju 46.** Calcaire oolithique gris foncé, à matrice micritique.

– **Ju 47.** Marne noire lumachellique (débris de petits Ostréïdes) formant un niveau lenticulaire et discontinu, riche en microfossiles laguno-lacustres et en palynomorphes des Cénozones continentales M3 (remaniée) et M4. Charophytes : *Hemiglobator maillardi* (remaniés), *Perimneste horrida*, *Perimneste micrandra*, *Clavator reidi*, *Porochara maxima*, *Porochara jaccardi*, *Porochara fusca*. Ostracodes : *Cypridea granulosa fasciculata*, *Mantelliana purbeckensis*, *Fabanella boloniensis*, *Eoparacypris weedonensis*, *Macrodentina* (*Dictyocythere*) *mediostriata transfuga*, *Paranotocythere favulata*. Gastéropodes : *Bithynia sautieriana*, *Hydrobia chopardiana*, *Provalvata helicoides*, *Provalvata sabaudiensis*, *Proauriculastra dubisiensis*, *Gyraulus loryi*. Foraminifères benthiques : *Feurillia frequens*, *Trocholina* gr. *alpina-elongata*. Vertébrés : dents broyeuses de Pycnodontidés (poissons durophages Téléostéens/Actinoptérygiens) et dents de Crocodiliens. Spores et pollens [échantillon Ju in Médus et Mojon, 1991] : Bialés, *Baculatisporites wellmanii*, *Cedrus* sp., *Cicatricosisporites purbeckensis*, *Cerebropollenites mesozoicus*, *Classopollis hammenii*, *Classopollis torosus*, *Cyathidites minor*, *Deltoidospora germanica*, *Dictyophyllidites equixinus*, *Eucommiidites* sp., *Pinus* sp., *Spheripollenites psilatus*, *Staplinisporites caminus*, *Tuberositriletes grossetuberculatus*, autres spores et pollens divers. Dinokystes marins.

– **Ju 48-49.** Calcaires oolithiques gris foncé, à matrice micritique.

– **Ju 50.** Marne noire à Ostracodes laguno-lacustres (*Eoparacypris weedonensis*) et organismes marins (Foraminifères benthiques : *Feurillia frequens* ; Nérinées, dents de Pycnodontidés).

– **Ju 51-52.** Calcaires oolithiques gris (Ju 51, jaunâtre par altération) à jaunâtres (Ju 52). Matrice micritique à débris coquilliers (Lamellibranches, Gastéropodes/Nérinées, Brachiopodes, Echinodermes, Bryozoaires), Dasycladacées et Foraminifères benthiques (*Trocholines*, Miliolles, Ataxophragmiidés, Lenticulines, Lituolidés : *Nautiloculines*, *Pseudocyclammina lituus*). Présence de pyrite, avec un peu de glauconie dans le dernier banc (Ju 52) à dominance micritique et fortement bréchifié.

– **Ju 53.** Marne gris foncé (jaune par altération) avec organismes laguno-lacustres (Cénozone continentale M4) et marins. Charophytes : *Porochara jaccardi*. Ostracodes : *Cypridea granulosa fasciculata*, *Macro-dentina* (*Dictyocythere*) *mediostricta transfuga* (abondants). Dasycladacées : *Clypeina jurassica*, *Salpingoporella annulata*. Vertébrés : dents broyeuses de poissons Pycnodontes (Téléostéens/Actinoptérygiens).

1.7.3.2. Unité Moyenne Calcaire Massive (U. M. C. M.)

– **Ju 54-55.** Calcaires micritiques jaunâtres, avec pellets, ooides, petits oncoïdes, nombreux débris coquilliers et microfossiles marins (Ju 51-52). Présence de quartz détritique fin dans le banc Ju 54 et de glauconie à la base du banc Ju 55.

1.8. Description de la coupe de Bonlieu (fig. 23, échantillons Bo 1 à 34)

1.8.1. “Portlandien”/Tithonien (faciès d’estrans évaporitique ou sebkha)

La base de la coupe, constituée par les calcaires et marnes “dolomitiques” et azoïques de couleur claire (jaunâtre) du Portlandien, est tectonisée et forme un pli anticlinal. Les marnes jaunâtres du sommet du Portlandien contiennent des aggrégats sphériques et pétaloïdes de quartz authigènes bipyramidés (disposition “en oursins”).

– **Bo 1.** Banc calcaire friable et très poreux (“dolomitique”) d’aspect saccharoïde et vacuolaire, de couleur jaunâtre, avec fissures de dissolution d’évaporites (gypse, anhydrite) et quartz authigènes pétaloïdes.

1.8.2. Purbeckien

1.8.2.1. Marnes à gypse (faciès d’estrans évaporitique, sebkha confinée et azoïque)

– **Bo 2.** Marne gris foncé.

– **Bo 3.** Marne “dolomitique” jaunâtre, avec petites bioturbations.

– **Bo 4.** Petit banc calcaire gris, très carié et vacuolaire, correspondant à une cornieule.

– **Bo 5.** Marne “dolomitique” jaunâtre, à fissures de dessiccation et structure cloisonnée (type *chickenwire* de l’anhydrite massive).

1.8.2.2. Couches nymphéennes (faciès d’estrans à influences laguno-lacustres dominantes, voire terrestres au sommet)

Unité A (faciès à dominance lagunaire saumâtre)

– **Bo 6.** Petit banc calcaire blanchâtre, à *bird’s eyes* et quelques Charophytes.

– **Bo 7.** Marne beige avec microfossiles de milieu lagunaire saumâtre. Charophytes : *Porochara fusca*. Ostracodes : *Fabanella boloniensis*. Gastéropodes : opercules de *Cyclophoroidea*, *Provalvata helicoides*, *Gyraulus loryi*, nombreux débris de coquilles. Débris d’os de poissons.

– **Bo 8.** Petit banc de calcaire oolithique beige, avec petits ooides de milieu lagunaire saumâtre, petits cailloux noirs, pellets.

– **Bo 9.** Marne beige avec microfossiles laguno-lacustres de la Cénozone continentale M1b. Charophytes : *Hemiglobator praecursor*, *Perimneste horrida*, *Dictyoclavator fieri*, *Nodosoclavator bradleyi*, *Clavator reidi*, *Porochara jaccardi*, *Porochara fusca*. Ostracodes : *Cypridea dunkeri carinata*, *Cypridea tumescens praecursor*, *Cypridea mirabilis*, *Scabriculocypris trapezoides*, *Mantelliana cyrtion*, *Fabanella boloniensis*, *Eoparacypris weedonensis*. Gastéropodes : opercules de *Cyclophoroidea*, *Provalvata helicoides*, *Gyraulus loryi*. Foraminifères benthiques : “*Siphovalvulina*” sp. Serpules.

– **Bo 10.** Petit banc calcaire gris clair, avec *bird’s eyes*, Ostracodes et pellets.

– **Bo 11.** Marne beige foncé à petits cailloux noirs et débris de Gastéropodes.

– **Bo 12.** Banc calcaire massif beige, avec petits cailloux noirs, Charophytes, Ostracodes et pellets.

– **Bo 13.** Marne beige foncé d’aspect graveleux, avec petits cailloux noirs et multicolores, ainsi que microfossiles laguno-lacustres de la Cénozone continentale M1b. Charophytes : *Hemiglobator praecursor*, *Perimneste horrida*, *Dictyoclavator fieri*, *Porochara maxima*, *Porochara jaccardi*. Ostracodes : *Cypridea dunkeri carinata*, *Cypridea tumescens praecursor*, *Cypridea binodosa*, *Mantelliana wealdensis*, *Fabanella boloniensis*. Gastéropodes : *Provalvata helicoides*. Serpules.

– **Bo 14-15.** Banc marno-calcaire gris, d’aspect graveleux et feuilleté, avec petits cailloux noirs et multicolores, Serpules, Charophytes, Ostracodes et pellets, très marneux au sommet sur 10 cm avec microfossiles laguno-lacustres de la Cénozone continentale M1b. Charophytes : *Hemiglobator praecursor*, *Perimneste horrida*, *Dictyoclavator fieri*, *Nodosoclavator bradleyi*, *Clavator reidi*, *Flabellocharya grovesi*, *Porochara maxima*, *Porochara jaccardi*. Ostracodes : *Cypridea dunkeri carinata*, *Cypridea tumescens tumescens*, *Cypridea tumescens praecursor*, *Cypridea binodosa*, *Darwinula leguminella*, *Mantelliana purbeckensis*, *Fabanella boloniensis*, *Eoparacypris weedonensis*. Gastéropodes : opercules de *Cyclophoroidea*, *Hydrobia chopardiana*, *Provalvata helicoides*, *Provalvata sabaudiensis*, *Proauriculastra dubisiensis*, *Prophysa bristovii*, *Gyraulus loryi*. Serpules. Petites dents de poissons.

– **Bo 16.** Petit banc calcaire gris avec Charophytes, Ostracodes, Serpules, *bird’s eyes*, intraclastes et pellets.

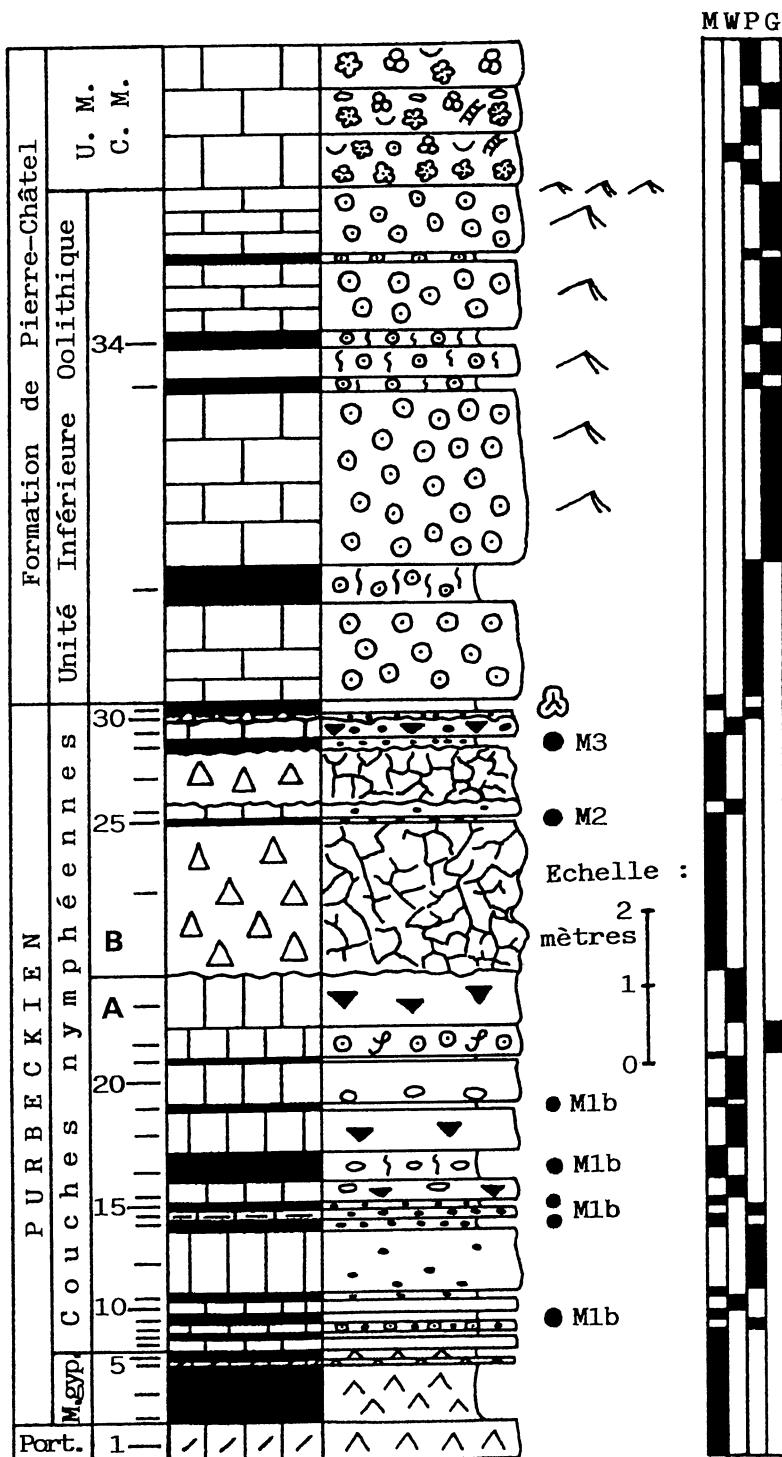


FIG. 23.- Levé de la coupe de Bonlieu (Jura français central). Pour la légende, se reporter à la figure 19.

– **Bo 17.** Marne grise bioturbée à taches ferrugineuses, avec intraclastes et microfossiles laguno-lacustres de la Cénozone continentale M1b. Charophytes : *Nodosoclavator bradleyi*, *Clavator reidi*, *Porochara jaccardi*. Ostracodes : *Cypridea dunkeri carinata*, *Cypridea tumescens praecursor*, *Mantelliana wealdensis*, *Fabanella boloniensis*. Vertébrés : débris d'os et dents broyeuses de Pycnodontidés (poissons Téléostéens/Actinoptérygiens) et gros débris d'os plats (Chéloniens).

– **Bo 18.** Banc calcaire gris avec *bird's eyes*, Charophytes, Ostracodes, Serpules, débris charbonneux et pellets.

– **Bo 19.** Marne beige à microfossiles de la Cénozone continentale M1b. Charophytes : *Porochara jaccardi*. Ostracodes : *Cypridea dunkeri carinata*, *Cypridea tumescens praecursor*, *Darwinula leguminella*, *Fabanella boloniensis*. Gastéropodes : *Proauriculastra dubisiensis*. Serpules. Dents broyeuses de poissons durophages (Pycnodontidés, Téléostéens/Actinoptérygiens).

– **Bo 20.** Banc calcaire gris avec Charophytes, Ostracodes, pellets et fissures de dessiccation périodique. Partie basale avec gros intraclastes micritiques.

– **Bo 21.** Mince niveau de marne beige.

– **Bo 22.** Petit banc calcaire oolithique de couleur beige, avec petits ooides de milieu lagunaire saumâtre, Serpules, Charophytes, Ostracodes, pellets et gros intraclastes au sommet du banc.

– **Bo 23.** Banc calcaire massif gris avec *bird's eyes*, Charophytes, Ostracodes, Serpules, pellets.

Unité B (faciès bréchifiés à dominance laguno-lacustre)

– **Bo 24.** Gros banc calcaire très bréchifié, de couleur grise, avec *bird's eyes*, quelques Serpules, Charophytes, Ostracodes et intraclastes.

– **Bo 25.** Marne verte à cailloux noirs et multicolores, ainsi que microfossiles laguno-lacustres et marins se rapportant au passage entre les Cénozones continentales M1b et M2. Charophytes : *Hemiglobator praecursor*, *Hemiglobator aff. proto-incrassatus* (primitifs, mal représentés), *Perimneste horrida*, *Perimneste micrandra*, *Nodosoclavator bradleyi*, *Clavator reidi*, *Flabellochara grovesi*, *Porochara maxima*, *Porochara jaccardi*, *Porochara fusca*. Ostracodes : *Cypridea dunkeri carinata*, *Cypridea tumescens praecursor*, *Bisulcocypis dilatata*, *Darwinula leguminella*, *Fabanella boloniensis*, *Eoparacypris weedonensis*, *Paranotacythere favulata*, *Schuleridea* sp. Gastéropodes : *Hydrobia chopardiana*, *Juramelanatria rugosa*, *Provalvata helicoides*, *Proauriculastra dubisiensis*, *Juramarinula durlstonensis*, *Gyraulus loryi*, *Proauricula jaccardi*. Lamellibranches : *Neomiodon* sp. Foraminifères benthiques : “*Siphovalvulina*” sp.,

Lenticulina (*Lenticulina*) gr. *muensteri*, *Trocholina* gr. *alpina-elongata* (spora-diques). Serpules (abondantes). Débris d'Échinodermes (Crinoïdes).

– **Bo 26.** Petit banc calcaire massif gris avec petits cailloux noirs, Charophytes, Ostracodes, Serpules et pellets.

– **Bo 27.** Banc calcaire très bréchifié de couleur grise, avec *bird's eyes*, quelques intraclastes, Ostracodes et Charophytes.

– **Bo 28.** Marne beige foncé, microconglomératique avec petits cailloux noirs et multicolores, microfossiles laguno-lacustres et marins se rapportant essentiellement à la Cénozone continentale M3. Charophytes : *Hemiglobator maillardi*, *Perimneste horrida*, *Perimneste micrandra*, *Nodosoclavator bradleyi*, *Flabellochara grovesi*, *Porochara jaccardi*, *Porochara fusca*. Ostracodes : *Cypridea dunkeri carinata*, *Cypridea tumescens tumescens*, *Cypridea tumescens praecursor*, *Darwinula leguminella*, *Fabanella boloniensis*, *Eoparacypris weedonensis*, *Paranotacythere favulata*. Gastéropodes : *Maillardinus sanctus-claudius*, *Provalvata helicoides*, *Proauriculastra dubisiensis*, *Gyraulus loryi*, *Proauricula jaccardi*. Foraminifères benthiques : *Feurtillia frequens*, *Valvulina* aff. *lugeoni*, "*Siphovalvulina*" sp., *Trocholina* gr. *alpina-elongata*. Dasycladacées : *Clypeina jurassica*, *Salpingoporella annulata*, *Heteroporella* ? sp.

– **Bo 29-30.** Petit banc calcaire beige, microconglomératique avec petits cailloux noirs et multicolores, petits ooides, Charophytes, Ostracodes, Serpules, petits Ostréides, Dasycladacées, pellets, petits Foraminifères benthiques (cf. Bo 28). Partie supérieure (Bo 30) constituée d'une brèche conglomératique à gros cailloux noirs et galets multicolores.

– **Bo 31.** Marne noire ligniteuse riche en pyrite, rougeâtre et limoniteuse par oxydation à sa base, avec microfossiles laguno-lacustres et marins ainsi qu'une riche palynoflore continentale [échantillon Bo 10 in Médus et Mojon, 1991]. Charophytes : *Perimneste horrida*, *Perimneste micrandra*. Lamellibranches : *Unio* sp. (lacustres) et petits Ostréides (marins). Foraminifères benthiques : *Trocholina* gr. *alpina-elongata* (corrodés). Débris d'Échinodermes (corrodés). Débris d'os (poissons). Spores et pollens : Biailés, Biorecord 1 cicatr. AT, *Cardioangulina parva*, *Cerebropollenites macroverrucosus*, *Cerebropollenites mesozoicus*, cf. *Cingulatisporites distaverrucosus*, cf. *Trilobosporites* (T.) *rarigranulatus*, *Cicatricosisporites recticatricosus*, *Cicatricosisporites striatus*, *Classo-pollis echinatus*, *Classo-pollis torosus*, *Concavisporites juriensis*, *Concavisporites twentianis*, *Deltoidospora pilostoma*, *Deltoidospora* sp. A, *Dictyophyllidites equiexinus*, *Exesipollenites scabrosus*, *Foveosporites subtriangularis*, *Gleicheniidites senonicus*, *Gleicheniidites minor*, *Gleicheniidites major*, *Gleicheniidites* sp., *Ischyosporites estherae*, *Lycopodiumsporites pseudo-annotinus*, *Lycopodiumsporites cerniidites*, *Parvisac-*

cites radiatus, *Pilasporites couperi*, *Pinus* sp., *Reticulatisporites* sp., *Retitriletes semireticulatus*, *Spheripollenites psilatus*, *Staplinisporites caminus*, autres spores et pollens divers.

1.8.3. Formation de Pierre-Châtel

1.8.3.1. Unité Inférieure Oolithique

Faciès de lagon marin, barres sableuses subtidales à rides de courant (bancs biseautés centimétriques à décimétriques). Bancs calcaires massifs et vires marneuses oolithiques de couleur bleuâtre à jaunâtre (par altération). Les trois premiers niveaux marneux (**Bo 32, 33, 34**) sont épais, très bioturbés (terriers de Crustacés parfois très volumineux : intervalle Bo 33-34), avec de nombreuses coquilles de Bivalves (*Lamellibranches* fouisseurs) et de Brachiopodes (*Loriolithyris valdensis*), ainsi que des tests entiers et bien conservés d'Échinidés (*Toxaster granosus*) en particulier au niveau de l'intervalle Bo 33-34. Un fragment de Nautilidé appartenant à *Paracenoceras* sp. et apparenté à une forme proche de *P. rhodani* (ROUX in PICTET ET ROUX) de l'Albien de la Perte-du-Rhône [dét. H. Tintant, comm. écrite 1990] a de plus été collecté par l'auteur dans le banc Bo 34. L'échantillon Bo 32 a en outre livré de nombreux microfossiles marins très caractéristiques comprenant des Ostracodes (*Valencythere emslandensis*), des Foraminifères benthiques (*Trocholina* gr. *alpina-elongata*, *Lenticulina* (*Lenticulina*) gr. *muensteri*, Lituolidés : *Pseudocyclammina lituus*, cf. *Ammobaculites coprolithiformis*) et des débris d'Échinodermes (radioles et plaques d'Échinides, articles de Crinoïdes, d'Ophiures ou d'Astéries).

1.8.3.2. Unité Moyenne Calcaire Massive (U. M. C. M., Marbre bâtarde)

Faciès de lagon restreint. Bancs calcaires massifs de couleur grise à beige plus ou moins foncée, avec nombreux petits oncoïdes, ooides, petits intraclastes, pellets, Foraminifères benthiques (Trocholines, Miliolles, Lituolidés : *Pseudocyclammina lituus*, *Feurtillia* aff. *frequens*, *Nautiloculina cretacea*), Dasycladacées, débris coquilliers divers (Lamellibranches, Gastéropodes, Brachiopodes).

1.9. Description de la coupe de St-Claude (fig. 24, échantillons SCI 1 à 34)

Au-dessus d'une zone couverte de végétation surmontant environ 2 mètres de calcaires massifs beige-jaunâtre et poreux ("dolomitiques") du Portlandien, finement laminés à leur sommet sur 25 cm (tapis algaires) et se terminant par un petit banc de cornieule (calcaire sparitique vacuolaire, recristallisé et enrichi en hydroxydes de fer), on peut observer les affleurements en partie discontinus du Purbeckien.

1.9.1. *Purbeckien*.

1.9.1.1. Marnes à gypse (faciès évaporitiques de sebkha à lagunaires saumâtres)

Partie I

Portion de coupe avec marne jaune "dolomitique" (SCI 1), marne grise évaporitique à quartz bipyramidés, pseudomorphoses calcitiques de microcristaux de gypse et pyrite (SCI 2), ainsi que calcaire oolithique beige-rosé à petits cailloux noirs (SCI 3, grainstone microsparitique à petits ooides de milieu lagunaire saumâtre).

1.9.1.2. Couches nymphéennes

Unité A (faciès d'estran et de sebkha à dominance lagunaire saumâtre et évaporitique, avec quelques intercalations laguno-lacustres)

Partie II

Succession de bancs calcaires (texture en général de type wackestone, parfois de type mudstone à *bird's eyes*, très rarement de type grainstone : banc au-dessus de SCI 10) et de marnes de couleur grise à beige souvent riche en petits cailloux noirs et multicolores (microbréchiques), présentant dans sa partie basale un important niveau de brèche conglomératique injectée de marne verte à gros cailloux noirs et multicolores (SCI 5). Influences lagunaires saumâtres et évaporitiques représentées respectivement par un petit banc basal de grainstone oolithique (SCI 4) et des niveaux panachés rosâtres à gris-verdâtre avec pseudomorphoses calcitiques de microcristaux de gypse (SCI 7 et 9). Présence de *bird's eyes* et de fissures de dessiccation périodique, ainsi que de nombreux microfossiles laguno-lacustres tels que Charophytes, Ostracodes, Gastéropodes, Serpules et Lamellibranches. Les niveaux marneux ont livré des assemblages variés de ces organismes laguno-lacustres, qui indiquent la Cénozone continentale M1b.

– SCI 5. Brèche conglomératique avec marne verte. Charophytes : *Perimneste horrida*, *Porochara maxima*, *Porochara fusca*. Ostracodes : *Mantelliana purbeckensis*, *Fabanella boloniensis*. Serpules. Pseudomorphoses calcitiques de microcristaux de gypse.

– SCI 6. Marne beige. Charophytes : *Nodosoclavator bradleyi*. Ostracodes : *Fabanella boloniensis*. Gastéropodes : *Provalvata helicoides*. Sphérules de quartzine.

– SCI 8. Marne beige grumeleuse et microconglomératique. Charophytes : *Hemiglobator praecursor*, *Nodosoclavator bradleyi*, *Clavator reidi*, *Flabellochara grovesi*, *Porochara maxima*, *Porochara jaccardi*. Ostracodes : *Cypridea tumescens praecursor*, *Darwinula leguminella*, *Mantelliana purbeckensis*, *Fabanella boloniensis*. Gastéropodes : *Hydrobia chopardiana*, *Provalvata helicoides*.

– SCI 10. Marne beige grumeleuse et microconglomératique. Charophytes : *Hemiglobator praecursor*

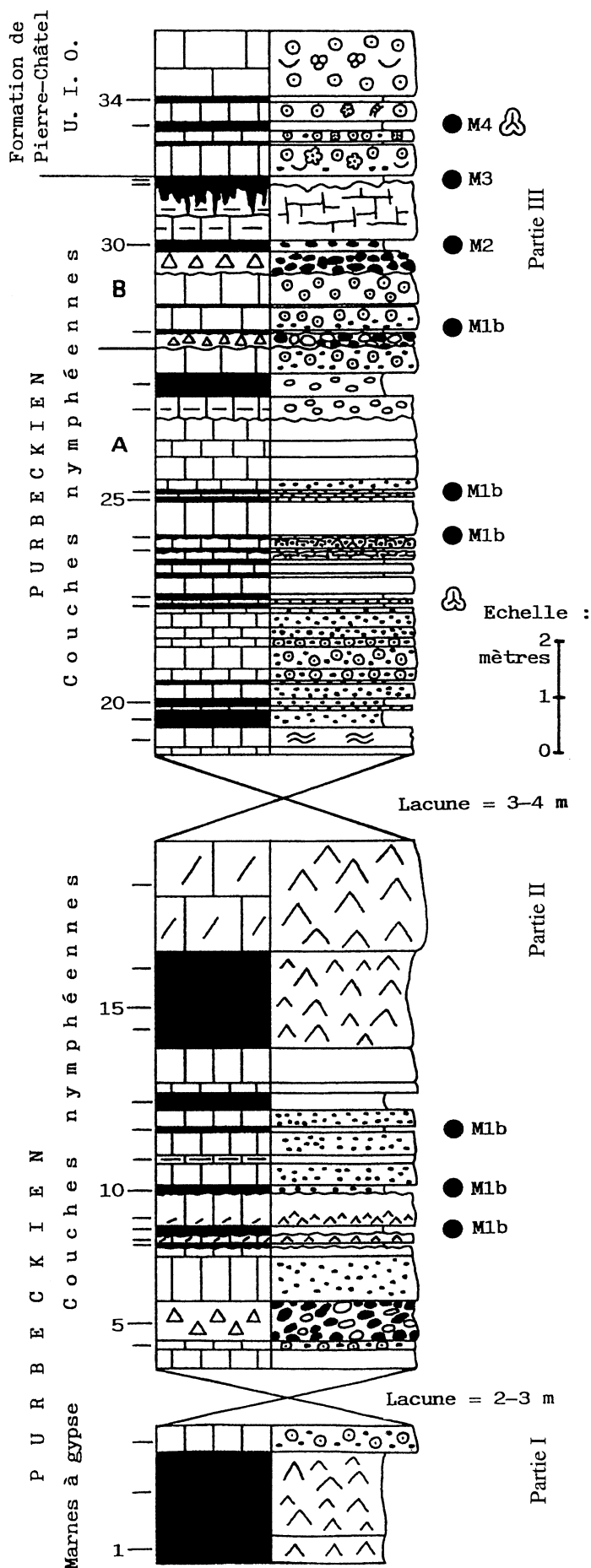


Fig. 24.– Levé de la coupe de St-Claude (Jura français central).

(localité-type), *Perimneste horrida*, *Dictyoclavator fieri*, *Nodosoclavator bradleyi*, *Clavator reidi*, *Porochara maxima*, *Porochara fusca*. Ostracodes : *Cypridea dunkeri carinata*, *Cypridea tumescens praecursor*, *Cypridea* cf. *binodosa*, *Mantelliana wealdensis*, *Fabanella boloniensis*. Gastéropodes : *Provalvata sabaudiensis*, *Proauriculastra dubisiensis*, *Gyraulus loryi*. Lamellibranches : *Neomiodon* sp. Serpules. Microcristaux de dolomite.

– **SCI 11.** Marne-calcaire beige d'aspect feuilleté. Charophytes : *Porochara jaccardi*. Ostracodes : *Fabanella boloniensis* (99% des microfossiles). Gastéropodes : *Hydrobia chopardiana*. Serpules. Petites dents de poissons.

– **SCI 12.** Marne grise. Charophytes : *Hemiglobator praecursor*, *Nodosoclavator bradleyi*, *Clavator reidi*, *Porochara fusca*. Ostracodes : *Cypridea* gr. *tumescens*, *Fabanella boloniensis*, *Eoparacypris weedonensis*. Gastéropodes : *Provalvata helicoides*. Serpules (abondantes).

– **SCI 13.** Marne grise. Ostracodes : *Darwinula leguminella*, *Fabanella boloniensis*, *Eoparacypris weedonensis*.

Partie supérieure constituée de calcaire jaunâtre "dolomitique" (SCI 17, mudstone) et de marno-calcaires évaporitiques jaune clair à leur sommet et gris foncé-noirâtre à brun-rouille dans le reste du banc (**SCI 14 à 16** avec quartz authigènes bipyramidés souvent en aggrégats sphériques pétaloïdes et pseudomorphoses de microcristaux de gypse).

Partie III

Succession de bancs calcaires (texture en général de type wackestone-packstone, parfois de type mudstone à *bird's eyes* ou à tapis algaïres finement laminés comme en **SCI 18**, ou de type grainstone oolithique à Serpules), de marno-calcaires et de marnes de couleur plus ou moins foncée en général grise à beige, avec un niveau important de brèche conglomératique au sommet. Dépôts souvent riches en cailloux ou galets noirs et multicolores (aspect microbréchique : intervalle SCI 25-26), avec influences lagunaires saumâtres importantes représentées par plusieurs niveaux de grainstones oolithiques (petits ooides) contenant des Serpules, débris coquilliers (Lamellibranches, Gastéropodes), cailloux noirs et multicolores, pellets, ainsi que quelques petits oncoïdes (intervalle SCI 28-30). Présence de *bird's eyes* et de fissures de dessiccation périodique, microfossiles laguno-lacustres abondants, présence sporadique de spores et pollens (apports terrestres). À cet égard, les niveaux marneux ont livré des assemblages variés de ces divers organismes, qui se rapportent tous à la Cénozone continentale M1b.

– **SCI 19-20.** Marne grise microconglomératique. Charophytes : *Perimneste horrida*, *Nodosoclavator bradleyi*, *Porochara maxima*, *Porochara fusca*, *Mesochara harrisi*. Ostracodes : *Cypridea* sp., *Scabriculocypris trapezoides*, *Mantelliana purbe-*

ckensis, *Fabanella boloniensis*. Pseudomorphoses de microcristaux de gypse et quartz authigènes (SCI 19).

– **SCI 21.** Marne brunâtre. Charophytes : *Porochara fusca*. Spores et pollens [échantillon SC 32 in Médus et Mojon, 1991] : Biailés, *Cerebropollenites mesozoicus*, *Cicatricosisporites striatus*, *Classopollis torosus*, *Densoisporites microrugulatus*, *Spheripollenites psilatus*, autres spores et pollens divers. Sphérules de quartzine.

– **SCI 22.** Marne brunâtre. Charophytes : *Flabellochara grovesi*, *Porochara maxima*, *Porochara jaccardi*. Ostracodes : *Fabanella boloniensis*. Spores et pollens [échantillon SC 34 in Médus et Mojon, 1991] : *Araucariacites australis*, *Cerebropollenites macroverrucosus*, *Cerebropollenites mesozoicus*, *Cicatricosisporites striatus*, *Classopollis torosus*, cf. *Coptospora striata*, *Densoisporites microrugulatus*, *Gleicheniidites senonicus*, *Inaperturopollenites giganteus*, *Leptolepidites psarosus*, *Osmundacites wellmanii*, *Parvisaccites radiatus*, *Pinus* sp., *Spheripollenites psilatus*, *Vastisporites vastiformis*, autres spores et pollens divers. Dinokystes marins (rares).

– **SCI 23.** Marne beige foncé, ligniteuse, au-dessus d'une surface bréchifiée. Charophytes : *Porochara maxima*, *Porochara jaccardi*. Ostracodes : *Fabanella boloniensis*.

– **SCI 24.** Marne beige foncé, ligniteuse, au-dessus d'une surface bréchifiée. Charophytes : *Hemiglobator praecursor*, *Clavator reidi*, *Porochara maxima*, *Porochara jaccardi*, *Porochara fusca*. Ostracodes : *Fabanella boloniensis*. Gastéropodes : *Gyraulus loryi* (débris). Vertébrés : dents broyeuses de Pycnodontidés (poissons durophages Téléostéens/Actinoptérygiens).

– **SCI 25-26.** Marnes beige foncé microconglomératiques. Charophytes : *Hemiglobator praecursor*, *Perimneste horrida*, *Dictyoclavator fieri*, *Nodosoclavator bradleyi*, *Clavator reidi*, *Porochara maxima*, *Porochara jaccardi*. Ostracodes : *Cypridea tumescens praecursor*, *Fabanella boloniensis*. Gastéropodes : *Gyraulus loryi*. Serpules.

– **SCI 27.** Marno-calcaire gris. Charophytes : *Perimneste horrida*, *Perimneste micrandra*, *Nodosoclavator bradleyi*, *Clavator reidi*, *Flabellochara grovesi*, *Porochara maxima*, *Porochara jaccardi*, *Porochara fusca*. Ostracodes : *Cypridea dunkeri carinata*, *Cypridea tumescens tumescens*, *Cypridea tumescens praecursor*, *Theriosynoecum forbesii forbesii*, *Bisulcocypis dilatata*, *Darwinula leguminella*, *Septacandona eocretacea*, *Fabanella boloniensis*, *Eoparacypris weedonensis*, *Paranotacythere favulata*. Gastéropodes : *Provalvata* sp., *Gyraulus loryi*. Serpules. Foraminifères benthiques : "*Siphovalvulina*" sp.

– **SCI 28.** Marne gris-beige foncé. Charophytes : *Perimneste horrida*, *Clavator reidi*, *Flabellochara grovesi*, *Porochara maxima*, *Porochara jaccardi*. Ostracodes : *Cypridea dunkeri carinata*, *Cypridea tumescens praecursor*, *Theriosynoecum forbesii forbesii*, *Bisulcocypis dilatata*, *Fabanella boloniensis*, *Eoparacypris weedonensis*.

Unité B (faciès bréchifiés à dominance laguno-lacustre)

– **SCI 29.** Marne beige au-dessus d'un horizon important de brèche conglomératique à cailloux noirs et multicolores. Charophytes : *Hemiglobator praecursor*, *Perimneste horrida*, *Perimneste micrandra*, *Nodosoclavator bradleyi*, *Clavator reidi*, *Flabellochara grovesi*, *Porochara jaccardi*, *Porochara fusca*. Ostracodes : *Cypridea tumescens praecursor*, *Theriosynoecum forbesii forbesii*, *Darwinula leguminella*, *Fabanella boloniensis*, *Eoparacypris weedonensis*. Gastéropodes : *Provalvata helicoides*, *Gyraulus loryi*. Serpules. Foraminifères benthiques : "*Siphovalvulina*" sp.

Latéralement, ce niveau SCI 29 se retrouve plus loin au bord de la route D69 en direction du village de Cinquétral dans deux affleurements importants (SCI 29' intermédiaire et SCI 29'' juste avant Cinquétral), qui ont livré une association de microfossiles très comparable.

– **SCI 29'.** Charophytes : *Hemiglobator* aff. *praecursor* (morphotypes évolués), *Perimneste horrida*, *Perimneste micrandra*, *Nodosoclavator bradleyi*, *Flabellochara grovesi*, *Porochara jaccardi*. Ostracodes : *Theriosynoecum forbesii forbesii*, *Fabanella boloniensis*, *Paranotacythere favulata*. Gastéropodes : *Provalvata helicoides*. Vertébrés : petites dents de Crocodiliens. Pyrite abondante.

– **SCI 29''.** Charophytes : *Hemiglobator* aff. *praecursor* (morphotypes évolués), *Perimneste horrida*, *Perimneste micrandra*, *Flabellochara grovesi*, *Porochara jaccardi*, *Porochara fusca*. Ostracodes : *Fabanella boloniensis*. Serpules. Pyrite abondante.

– **SCI 30.** Niveau principal de brèche conglomératique gris-beige et marne verte à galets noirs (faciès lacustre, wackestone à Charophytes, Ostracodes et Gastéropodes) et multicolores (mudstone à *bird's eyes* et fissures de dessiccation périodique), riche en microfossiles de la Cénozone continentale M2. Charophytes : *Hemiglobator protoincrassatus* (localité-type), *Perimneste horrida*, *Perimneste micrandra*, *Nodosoclavator bradleyi*, *Clavator reidi*, *Flabellochara grovesi*, *Porochara jaccardi*, *Porochara fusca*. Ostracodes : *Cypridea granulosa protogranulosa*, *Cypridea dunkeri carinata*, *Cypridea tumescens tumescens*, *Cypridea tumescens praecursor*, *Paranotacythere favulata*. Gastéropodes : *Maillardinus sanctusclaudius*, opercules de *Cyclophoroidea*, *Provalvata helicoides*, *Proauriculastra dubisiensis*, *Prophysa bristovii*, *Gyraulus loryi*. Serpules. Foraminifères benthiques : "*Siphovalvulina*" sp.

Puis, calcaire marneux bréchifié gris et marne beige (SCI 31-32) à petits cailloux noirs et multicolores, avec microfossiles laguno-lacustres de la Cénozone continentale M3. Charophytes : *Hemiglobator maillardi*, *Perimneste horrida*, *Perimneste micrandra*, *Nodosoclavator bradleyi*, *Clavator reidi*, *Flabellochara grovesi*, *Porochara jaccardi*, *Porochara fusca*. Ostracodes : *Cypridea tuberculata oertlii*, *Cypridea tumescens tumescens*, *Cypridea tumescens praecursor*,

Cypridea gr. *peltoides*, *Theriosynoecum forbesii forbesii*, *Bisulcocypis dilatata*, *Darwinula leguminella*, *Septacandona eocretacea*, *Fabanella boloniensis*. Gastéropodes : *Provalvata helicoides*, *Proauriculastra dubisiensis*, *Gyraulus loryi*. Serpules (peu abondantes). Foraminifères benthiques : "*Siphovalvulina*" sp.

Plus loin, en montant jusqu'au village de Cinquétral, la partie supérieure de l'Unité A et l'Unité B du Purbeckien (brèches conglomératiques marneuses à gros cailloux noirs et multicolores) constituent encore de beaux affleurements dans le talus de la route D69.

1.9.2. Formation de Pierre-Châtel

Unité Inférieure Oolithique (U. I. O., faciès de lagon restreint constituant des barres oolithiques subtidales envasées)

Calcaires oolithiques (wackestone-packstone) gris à jaunâtres (par altération), avec passées marno-calcaires d'aspect feuilleté. Le premier banc présente quelques petits cailloux noirs et multicolores, ainsi que des Charophytes remaniées. Le second banc est caractérisé surtout par de gros oncoïdes ainsi que quelques rares petits cailloux noirs et multicolores. Le troisième banc présente aussi de petits oncoïdes et des Dasycladacées, alors que le quatrième banc contient des traces de glauconie. Tous ces bancs et plus particulièrement les deux derniers (packstones) contiennent également des pellets, des débris coquilliers divers (Lamellibranches/Ostréides, Gastéropodes/Nérinées) et des Foraminifères benthiques (Trocholines, Miliolles, Ataxophragmiidés, Pseudocyclammines, Nautiloculines). Les niveaux marneux ont livré des microfossiles marins et de milieu confiné lagunaire saumâtre voire terrestre (apports continentaux de spores et pollens) indiquant la Cénozone continentale M4, ainsi que d'importants remaniements de la Cénozone continentale M3 (sommet du Purbeckien).

– **SCI 33.** Marne oolithique noirâtre. Charophytes (remaniées) : *Hemiglobator maillardi*, *Clavator reidi*, *Flabellochara grovesi*, *Porochara jaccardi*, *Porochara fusca*. Ostracodes : *Fabanella boloniensis*, *Eoparacypris weedonensis*, *Macrodentina* (*Dictyocythere*) *mediostriata transfuga*, *Paranotacythere favulata*, *Valencycythere emslandensis*. Gastéropodes : *Provalvata helicoides*, *Proauriculastra dubisiensis*, *Prophysa bristovii*, *Gyraulus loryi*. Foraminifères benthiques : "*Siphovalvulina*" sp. Dasycladacées : *Clypeina jurassica*. Nérinées. Vertébrés : dents broyeuses de Pycnodontidés (poissons durophages Téléostéens/Actinoptérygiens). Spores et pollens [échantillon SC 48 in Médus et Mojon, 1991] : *Biailes*, *Acanthotriletes varispinosus*, *Cerebropollenites macroverrucosus*, *Cerebropollenites mesozoicus*, *Cicatricosisporites striatus*, *Classopollis echinatus*, *Classopollis hammenii*, *Classopollis torosus*, *Cyathidites* aff. *minor*, *Deltoidospora hallii*, *Eucomiidites minor*, *Parvisaccites* sp., *Perotriletes pseudoreticulatus*, *Pinus* sp., *Plicatella*

cf. *P. tricornitata*, *Spheripollenites psilatus*, *Staplinisporites caminus*, *Vitreisporites pallidus*, autres spores et pollens divers.

– **SCI 34.** Marne oolithique jaunâtre. Ostracodes : *Eoparacypris weedonensis*. Foraminifères benthiques : *Feurillia frequens*, “*Siphovalvulina*” sp. Nérinées.

1.10. Description de la coupe de Lavans-les-St-Claude (fig. 25-26)

Cette coupe n’a encore jamais été décrite en détail au point de vue sédimentologique et micropaléontologique, mais a toutefois déjà été figurée sous forme de schéma synthétique par Mojon [in Bandel, 1991]. Echantillons LV 1 à 47.

1.10.1. Purbeckien

Couches nymphéennes

Unité A (pro parte)

– **LV 1 à 9.** Calcaires micritiques beiges à gris, en partie marneux (LV 9). Echantillons LV 1-2 et 7-8 à texture microbréchique due à l’abondance des cailloux noirs et multicolores (intraclastes). LV 2 avec nombreuses Charophytes de la Cénozone continentale M1b : *Hemiglobator praecursor*, *Nodosoclavator bradleyi*, *Clavator reidi*, *Porochara jaccardi*. Les marno-calcaires ont livré une association d’organismes de milieu lagunaire saumâtre : Serpules, Lamellibranches (*Neomiodon* sp.), Charophytes (*Perimneste horrida*, *Porochara jaccardi*), Ostracodes (*Cypridea tumescens praecursor*, *Fabanella boloniensis*, *Eoparacypris weedonensis*), Gastéropodes (*Juramelanatria rugosa*, *Provalvata helicoides*, *Proauriculastra dubisiensis*).

Unité B

– **LV 10 à 12.** Calcaires micritiques gris clair, avec *bird’s eyes*, quelques intraclastes et des fissures de dessiccation périodique pouvant induire une bréchification importante (LV 12).

– **LV 13.** Marne gris-beige avec cailloux noirs et gros intraclastes (wackestone à fissures de dessiccation et packstone microbréchique à cailloux noirs et multicolores, Ostracodes et quelques ooides de milieu lagunaire saumâtre). Ce niveau contient de nombreux organismes laguno-lacustres de la Cénozone continentale M1b. Charophytes : *Perimneste horrida*, *Perimneste micrandra*, *Nodosoclavator bradleyi*, *Clavator reidi*, *Flabellochara grovesi*, *Porochara jaccardi*. Ostracodes : *Cypridea dunkeri carinata*, *Cypridea tumescens praecursor*, *Theriosynoecum forbesii forbesii*, *Bisulcocypsis dilatata*, *Darwinula leguminella*, *Septacandona eocretacea*, *Mantelliana purbeckensis*, *Mantelliana wealdensis*, *Fabanella boloniensis*, *Eoparacypris weedonensis*, *Paranotacythere favulata*. Gastéropodes : *Juramelanatria rugosa*, *Provalvata*

helicoides, *Prophysa bristovii*, *Gyraulus loryi*. Serpules. Foraminifères benthiques (rars petits Ataxophragmiidés).

– **LV 14.** Calcaire micritique gris, avec *bird’s eyes*, fissures de dessiccation et un peu de pyrite (milieu de dépôt confiné et plus ou moins anoxique).

– **LV 15 à 20.** Calcaires micritiques gris clair avec ooides de milieu lagunaire saumâtre, Serpules, débris de Lamellibranches (*Neomiodon* sp.), Gastéropodes, quelques Charophytes et Ostracodes, pellets, *bird’s eyes* (LV 19-20), cailloux noirs et multicolores. LV 16 correspond à un banc bréchifié et injecté par des marnes beiges (2-3 cm) à cailloux noirs.

– **LV 21-22.** Brèche conglomératique formée par de gros intraclastes (galets des faciès sous-jacents, notamment des calcaires micritiques gris à *bird’s eyes*), cailloux et galets noirs abondants, traces de pédogénèse (dessiccation périodique et rhizolithes).

– **LV 23.** Marnes vertes à cailloux et galets noirs, avec organismes laguno-lacustres de la Cénozone continentale M2. Charophytes : *Hemiglobator proto-incrassatus*, *Perimneste horrida*, *Perimneste micrandra*, *Nodosoclavator bradleyi*, *Clavator reidi*, *Flabellochara grovesi*, *Porochara jaccardi*. Ostracodes : *Cypridea tumescens praecursor*, *Fabanella boloniensis*, *Eoparacypris weedonensis*. Gastéropodes : *Hydrobia chopardiana*, *Provalvata helicoides*, *Provalvata sabaudiensis*, *Prophysa bristovii*, *Gyraulus loryi*.

– **LV 24-25.** Calcaires micritiques gris, marneux et bréchifiés, avec quelques *bird’s eyes*. Présence de nombreux organismes marins (milieu transgressif). Ostracodes : *Valendocythere emslandensis*, *Kentrodictyocythere typica*, *Paranotacythere favulata*. Foraminifères benthiques : *Feurillia frequens* et petits Ataxophragmiidés (“*Siphovalvulina*” sp.). Dasycladacées : *Clypeina jurassica*, *Clypeina* ? *solkani*, *Salpingoporella annulata*, *Actinoporella podolica*, *Radoiciciella* ? *bartheli*, *Heteroporella* sp.

– **LV 26.** Marne foncée beige-brune (gyttja lacustre) profondément injectée dans le banc précédent. Niveau de référence cité dans Détraz et Mojon [1989], Mojon [1989a, 1989d], remarquable par l’abondance et la diversité des microfossiles très bien conservés qu’il a livré. Il s’agit ici du seul niveau uniquement lacustre de tout le Purbeckien du Jura franco-suisse, ce qui est tout à fait exceptionnel pour les 27 coupes et affleurements étudiés en détail au cours de nos recherches dans le Jura central et méridional. Les microfossiles récoltés sont essentiellement typiquement lacustres, à part quelques rares organismes de milieu saumâtre faisant la transition avec le faciès marin précédent, et permettent de reconnaître les Cénozones continentales M3 et M4 (cette dernière associée à M3 est réduite, mais néanmoins clairement identifiable comme à Bienne). Charophytes : *Hemiglobator maillardi*, *Hemiglobator neocomiensis* (rare), *Perimneste horrida*, *Perimneste micrandra*, *Nodosoclavator bradleyi*, *Clavator reidi*, *Flabellochara grovesi*, *Porochara maxima* (rare),

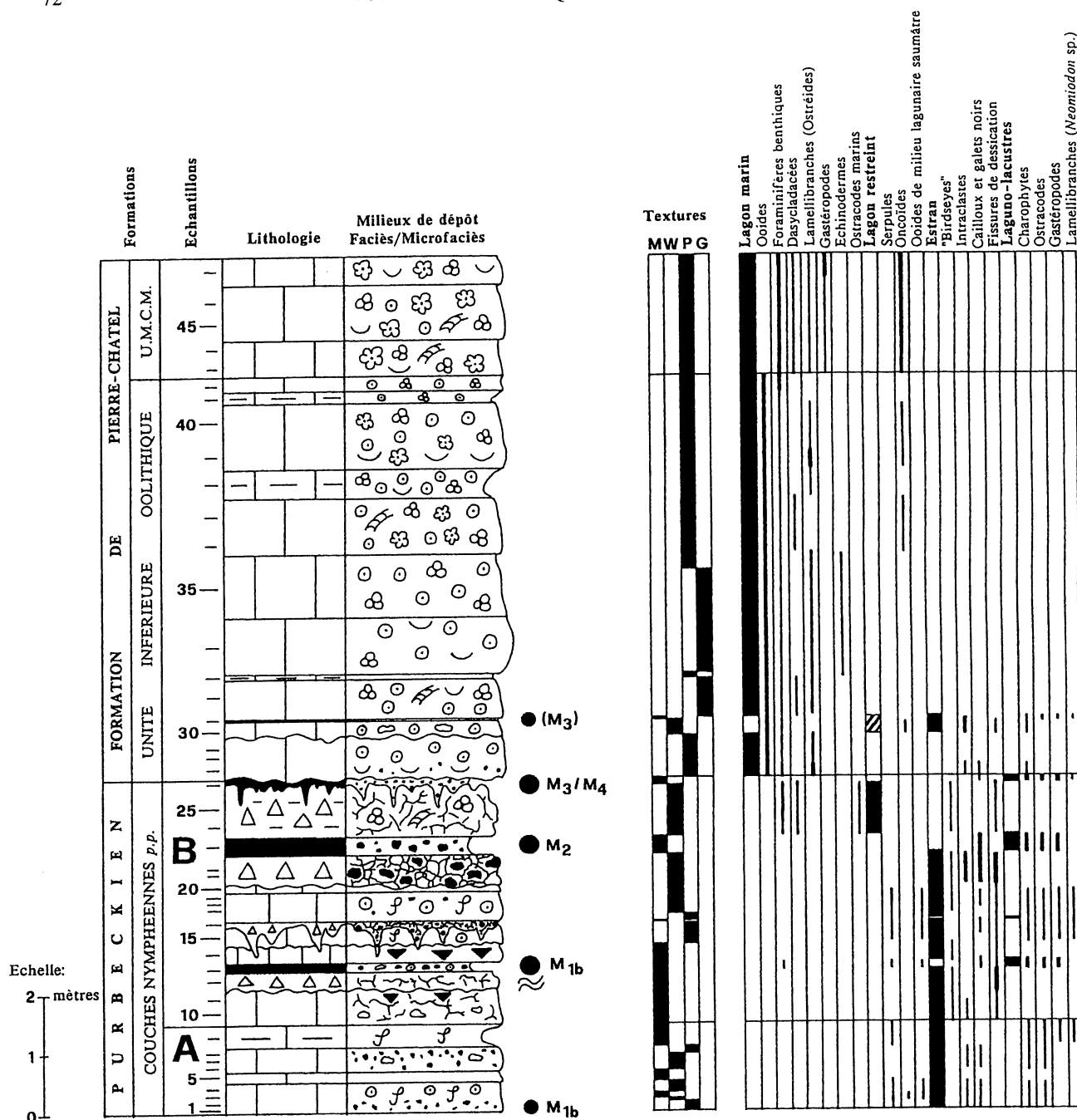


FIG. 25.— Levé de la coupe de Lavans-les-St-Claude (Jura français central).

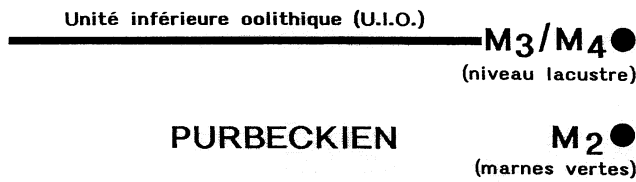
Porochara jaccardi, *Porochara fusca*. Ostracodes : *Cypridea tuberculata oertlii* (localité-type), *Cypridea tumescens tumescens*, *Cypridea tumescens praecursor*, *Cypridea* gr. *peltoides*, *Theriosynoecum forbesii*, *Theriosynoecum forbesii verrucosa*, *Bisulco-cypris dilatata*, *Scabriculocypris trapezoides*, *Scabriculocypris* aff. *acanthoides-cerastes*, *Darwinula leguminella*, *Damonella pygmaea*, *Septacandona eocretacea* (localité-type), *Timiriasevia punctata*, *Mantelliana wealdensis*, *Fabanella boloniensis*. Gastéropodes : *Viviparus antiquus*, *Bithynia sautieriana*, *Hydrobia chopardiana*, *Lavansia mojon* (localité-type), *Maillardinus sanctusclaudius*, *Juramelanatria rugosa*,

Juramelanoides villersense, *Provalvata helicoides*, *Ceritellopsis complacita*, *Proauriculastra dubisiensis*, *Juramarinula durlstonensis*, *Prophysa bristovii*, *Proplanorbarius sanctusclaudius* (localité-type), *Gyraulus loryi*, *Proauricula jaccardi*. Lamellibranches : *Neomiodon* sp.

Cet horizon lacustre est peu épais, car partiellement remanié par les faciès transgressifs sus-jacents (calcaires oolithiques) datés de la Zone à *Occitanica* [Berriasien moyen ; Détraz et Mojon, 1989 ; Blanc et Mojon, 1996], et représente donc le sommet de la Zone à *Jacobi-Grandis* (Berriasien inférieur) et la base de la Zone à *Occitanica* (sous-zone à *Subalpina*).

FORMATION DE

PIERRE-CHÂTEL



FORMATION DE PIERRE-CHÂTEL

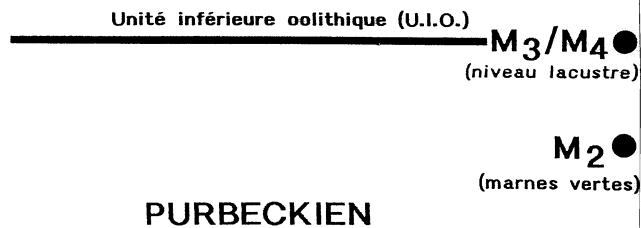


FIG. 26.— A et B : vues de la coupe de Lavans-les-St-Claude dans le Jura français central. Biostratigraphie (localisations des Cénozones continentales M1b, M2, M3 et M4) dans la partie supérieure des faciès purbeckiens (Berriasien inférieur - Berriasien moyen basal), recouverts par l'Unité Inférieure Oolithique transgressive (Berriasien moyen).

1.10.2. Formation de Pierre-Châtel

1.10.2.1. Unité Inférieure Oolithique (U. I. O.) transgressive sur le Purbeckien (fig. 26)

- **LV 27.** Calcaire micritique gris-beige, à intraclastes millimétriques et rares cailloux noirs, pellets, ooides marins de type bahamien, Charophytes remaniées (gyrogonites de *Porochara jaccardi*) et débris de Lamellibranches (petits Ostréides).
- **LV 28-29.** Calcaires oolithiques (oomicrite), localement microsparitiques (LV 28 = oomicrosparite), à ooides marins de taille petite à moyenne.
- **LV 30.** Calcaire micritique et bréchiq ue gris, avec gros intraclastes (0,1 à 4 mm), ooides, quelques oncoïdes, fissures de dessiccation et Charophytes remaniées (gyrogonites de *Porochara jaccardi*).
- **LV 31.** Marne noire avec organismes laguno-lacustres remaniés de la Cénozone continentale M3. Charophytes : *Hemiglobator maillardi*, *Perimneste horrida*, *Perimneste micrandra*, *Clavator reidi*, *Flabellochara grovesi*, *Porochara jaccardi*. Ostracodes : *Cypridea tumescens praecursor*, *Septacandona eocretacea*.
- Gastéropodes (moules internes indéterminables). Lamellibranches : *Neomiodon* sp.
- **LV 32.** Calcaire oolithique (oomicrite, localement oomicrosparite) gris-bleuté à jaunâtre (par altération) avec Foraminifères benthiques (Trocholines : *Trocholina* gr. *alpina-elongata*), Dasycladacées et rares débris de Lamellibranches.
- **LV 33.** Marno-calcaires oolithiques gris à Foraminifères benthiques : *Trocholina* gr. *alpina-elongata*, *Pseudocyclammina lituus*, *Lenticulina* (*Lenticulina*) gr. *muensteri*, débris d'Échinodermes (radioles) et dents broyeuses de Pycnodontidés (poissons durophages Téléostéens/Actinoptérygiens).
- **LV 34-35.** Calcaires oolithiques (oomicrite/oomicrosparite) gris-bleuté à jaunâtres, avec Foraminifères benthiques (Trocholines) ainsi que quelques débris d'Échinodermes et de Lamellibranches.
- **LV 36-37.** Calcaires micritiques gris clair à petits oncoïdes millimétriques, Foraminifères benthiques (Trocholines, Miliolles, grands Lituolidés : *Pseudocyclammina lituus*), Dasycladacées, pellets et quelques ooides.
- **LV 38.** Marno-calcaires oolithiques gris-bleuté à jaunâtres, banc peu cohésif, avec quelques Trocholines

et débris de Lamellibranches. Faciès remarquable par ses gros ooides de type bahamien, qui constituent ici une importante barre subtidale au sein des dépôts de lagon marin.

– **LV 39-40.** Calcaires micritiques gris clair, à petits oncoïdes, Foraminifères benthiques (Trocholines, Miliolles), ooides et pellets. La base du banc (LV 39) est très oolithique et présente de gros débris centimétriques de Lamellibranches.

– **LV 41-42.** Calcaires oolithiques gris-jaunâtre à Trocholines, un peu marneux et peu cohésifs à leur base (LV 41).

1.10.2.2. Unité Moyenne Calcaire Massive (U. M. C. M.)

– **LV 43 à 47.** Calcaires micritiques gris-beige à gros oncoïdes millimétriques à centimétriques, Foraminifères benthiques (*Trocholina* gr. *alpina-elongata*, Miliolles, Ataxophragmiidés, *Pseudocyclamina lituus*, *Feurtillia* aff. *frequens*, *Nautiloculina cretacea*), Dasycladacées, débris coquilliers divers (Lamellibranches, Gastéropodes : Nérinées), pellets et quelques ooides. Au sommet, (LV 47), présence de gros bioclastes (coquilles plus ou moins entières).

1.11. Description de la coupe du Chapeau de Gendarme (fig. 27, échantillons CGp 1 à 43)

1.11.1. Partie supérieure du Purbeckien (Couches nymphéennes, faciès d'estran à flaques d'eau douce à saumâtre et dessiccation périodique par émergences temporaires)

– **CGp 1-2.** Calcaire massif beige clair (wackestone) à Charophytes (*Hemiglobator praecursor*, thalles et utricules de *Clavator reidi*, gyrogonites de *Porochara jaccardi*) et Ostracodes laguno-lacustres.

– **CGp 3.** Marne brunâtre, microconglomératique, avec cailloux noirs millimétriques et intraclastes sous forme de galets arrondis jusqu'à 5 cm (faciès sous-jacents remaniés et noircis ; 1^{er} faciès de packstone beige riche en Charophytes : *Hemiglobator praecursor*, *Dictyo-clavator fieri*, *Clavator reidi*, *Porochara maxima*, *Porochara jaccardi* ; 2^e faciès de wackestone gris à Serpules). Ce niveau marneux a livré des microfossiles laguno-lacustres de la Cénozone continentale M1b. Charophytes : *Hemiglobator praecursor*, *Perimneste horrida*, *Dictyo-clavator fieri*, *Clavator reidi*, *Porochara jaccardi*. Ostracodes : *Fabanella boloniensis*. Serpules.

– **CGp 4.** Petit banc calcaire beige foncé-brun, microbréchiq (packstone) à nombreux petits cailloux noirs et multicolores millimétriques, Charophytes et Serpules.

– **CGp 5.** Marne jaunâtre.

– **CGp 6 à 8.** Calcaire massif beige clair à brun au sommet (CGp 8). Intervalle CGp 6-7 de type mudstone

présentant au milieu du banc de fines laminations (tapis algaires, CGp 7). CGp 8 correspondant à un wackestone à Charophytes (*Porochara jaccardi*), Ostracodes, Lamellibranches laguno-lacustres (*Neomiodon* sp.) et nombreuses Serpules.

– **CGp 9.** Marne brunâtre à microfossiles laguno-lacustres de la Cénozone continentale M1b. Charophytes : *Hemiglobator praecursor*, *Clavator reidi*, *Porochara maxima*, *Porochara jaccardi*. Ostracodes : *Fabanella boloniensis*, *Eoparacypris weedonensis*. Gastéropodes : *Provalvata helicoides*, *Proauriculastra dubisiensis*, *Gyraulus loryi*. Serpules. Vertébrés : débris d'os et dents de Pycnodontidés (poissons Téléostéens/Actinoptérygiens).

– **CGp 10.** Calcaire massif gris clair (packstone) avec quelques cailloux noirs, ooides, Serpules, Charophytes et Ostracodes laguno-lacustres (cf. CGp 11).

– **CGp 11-12.** Brèche conglomératique à cailloux multicolores (souvent noircis), injectée par de la marne gris-verdâtre (CGp 12) à microfossiles laguno-lacustres. Charophytes : *Porochara jaccardi*. Ostracodes : *Cypridea tumescens praecursor*, *Scabriculocypris trapezoides*, *Mantelliana wealdensis*, *Fabanella boloniensis*. Serpules. Foraminifères benthiques : "*Siphovalvulina*" sp. Il y a deux types de gros intraclastes. Les uns sont brunâtres, microbréchiq (packstone) à petits cailloux noirs et multicolores, Charophytes (*Porochara jaccardi*, thalles et utricules de *Clavator reidi*), Ostracodes laguno-lacustres (Fabanelles) et nombreuses Serpules. Les autres sont gris clair avec des passées oolithiques (petits ooides de milieu lagunaire saumâtre) dans une matrice micritique boueuse (mudstone-wackestone) présentant des fissures de dessiccation périodique.

– **CGp 13-14.** Calcaire massif gris clair (mudstone-wackestone) avec *bird's eyes*, fissures de dessiccation, pellets et rares Serpules.

– **CGp 15.** Marne verte à microfossiles laguno-lacustres de la Cénozone continentale M1b. Charophytes : *Hemiglobator praecursor*, *Perimneste horrida*, *Perimneste micrandra*, *Nodosoclavator bradleyi*, *Clavator reidi*, *Porochara jaccardi*. Ostracodes : *Cypridea dunkeri carinata*, *Fabanella boloniensis*. Gastéropodes : *Hydrobia chopardiana*, *Gyraulus loryi*.

– **CGp 16.** Calcaire massif gris-beige clair (wackestone) à petits cailloux noirs et multicolores, Charophytes, Ostracodes laguno-lacustres (Fabanelles), Serpules, fissures de dessiccation et *bird's eyes*.

– **CGp 17.** Brèche conglomératique brun clair, injectée par la marne brun-verdâtre sus-jacente, avec nombreux cailloux noirs et galets multicolores tels que gros intraclastes microbréchiq à texture packstone avec Charophytes (*Porochara jaccardi*), Ostracodes (Fabanelles) et Serpules.

– **CGp 18.** Marne brun-verdâtre à cailloux noirs et microfossiles laguno-lacustres. Charophytes : *Perimneste horrida*, *Perimneste micrandra*, *Clavator reidi*,

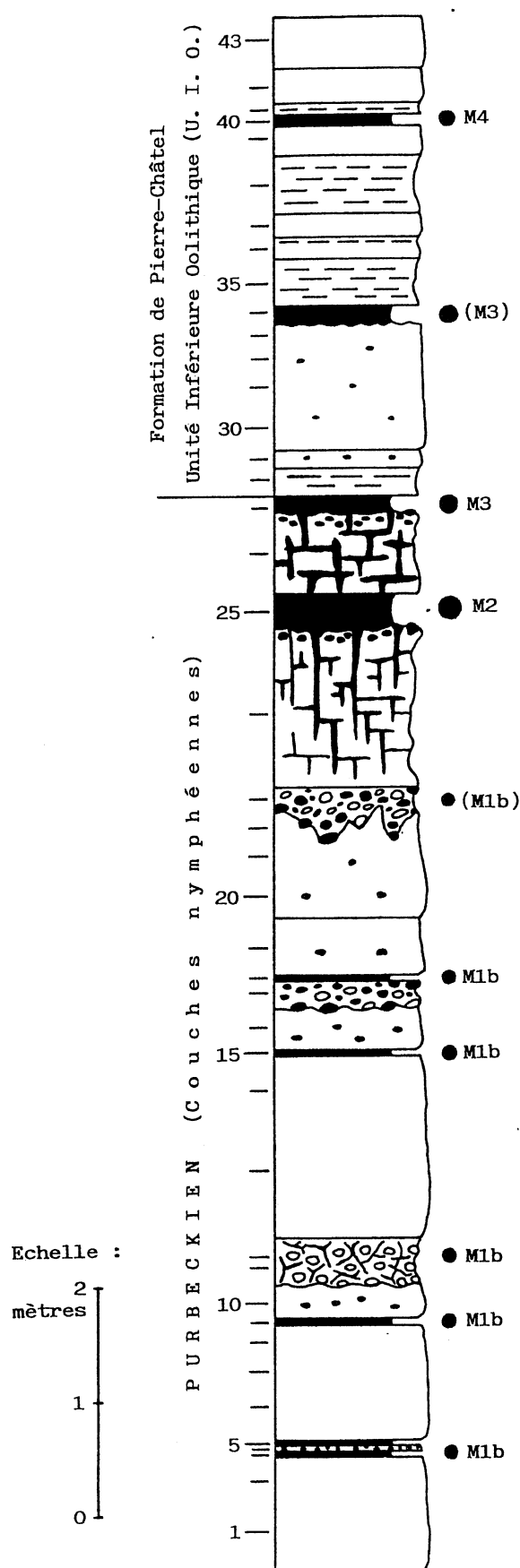


FIG. 27.— Levé de la coupe du Chapeau de Gendarme (Jura français central).

Flabellochara grovesi, *Porochara jaccardi*. Ostracodes : *Fabanella boloniensis*. Gastéropodes : *Provalvata helicoides*, *Proauriculastra dubisiensis*, *Gyraulus loryi*. Lamellibranches : *Neomiodon* sp. Serpules.

– **CGp 19 à 22.** Calcaire massif gris clair (mudstone-wackestone) avec *bird's eyes*, fissures de dessiccation et rares petits cailloux noirs.

– **CGp 23.** Brèche conglomératique, injectée de marne verdâtre à gros galets noirs (5 cm) et multicolores (intraclastes micritiques mesurant jusqu'à 15 cm) formant un niveau discontinu "en poche". Les galets noirs présentent un faciès (wackestone) à pseudomorphoses calcitiques de microcristaux de gypse, fissures de dessiccation périodique et Gastéropodes laguno-lacustres. Les intraclastes (wackestone-packstone) sont gris-beige, avec Charophytes (*Hemiglobator praecursor*, *Perimneste horrida*, thalles et utricules de *Clavator reidi*), Ostracodes, pellets, petits cailloux noirs et multicolores millimétriques.

– **CGp 24.** Calcaire marneux (mudstone) beige-verdâtre, bréchifié et profondément injecté par la marne verte sus-jacente, avec *bird's eyes* et fissures de dessiccation périodique.

– **CGp 25.** Marne verte à gros cailloux noirs et multicolores, avec des microfossiles laguno-lacustres du passage entre les Cénozones continentales M2 et M3 (pollution possible, cette partie de la coupe étant fortement bréchifiée et tectonisée). Charophytes : *Hemiglobator protoincrassatus*, *Perimneste horrida*, *Perimneste micrandra*, *Nodosoclavator bradleyi*, *Clavator reidi*, *Porochara jaccardi*, *Porochara fusca*. Ostracodes : *Cypridea granulosa protogranulosa*, *Cypridea dunkeri carinata*, *Cypridea tuberculata oertlii*, *Cypridea tumescens praecursor*, *Darwinula leguminella*, *Septacandona eocretacea*, *Mantelliana wealdensis*, *Fabanella boloniensis*, *Eoparacypris weedonensis*. Gastéropodes : *Hydrobia chopardiana*, *Maillardinus sanctusclaudius* (localité-type), opercules de *Cyclophoroidea*, *Loriolina loryana*, *Provalvata helicoides*, *Provalvata sabaudiensis*, *Gyraulus loryi*.

– **CGp 26.** Calcaire marneux (wackestone-packstone) gris clair, très bréchifié et profondément injecté par le niveau marneux brunâtre sus-jacent. Présence de Charophytes (*Porochara fusca*), pellets et fissures de dessiccation périodique. Partie supérieure microbréchique et noircie par de la matière organique, avec nombreux petits cailloux noirs et multicolores.

– **CGp 27.** Marne brunâtre à cailloux noirs et microfossiles marins et laguno-lacustres des Cénozone continentales M2 et M3 (même remarque que pour CGp 25). Charophytes : *Hemiglobator maillardi*, *Clavator reidi*, *Flabellochara grovesi*, *Porochara maxima*, *Porochara jaccardi*, *Porochara fusca*. Ostracodes : *Cypridea dunkeri carinata*, *Cypridea tumescens tumescens*, *Cypridea tumescens praecursor*, *Theriosynoecum forbesii forbesii*, *Darwinula leguminella*, *Damonella pygmaea*, *Fabanella boloniensis*, *Eoparacypris*

pygmaea, *Fabanella boloniensis*, *Eoparacypris weedonensis*, *Paranotacythere favulata*, *Schuleridea* sp. Gastéropodes : *Hydrobia chopardiana*, *Juramelanatria rugosa*, *Provalvata helicoides*, *Provalvata sabaudiensis*, *Gyraulus loryi*. Foraminifères benthiques : *Feurtillia frequens*, "*Siphovalvulina*" sp. Dasycladacées : *Clypeina jurassica*.

1.11.2. Formation de Pierre-Châtel

Unité Inférieure Oolithique (U. I. O., faciès de lagon restreint à intercalations marneuses lagunaires saumâtres)

– **CGp 28.** Banc marno-calcaire gris clair (packstone) à débris coquilliers de Lamellibranches (Ostréides), pellets, intraclastes, Charophytes remaniées (thalles de *Clavator reidi*, *Porochara jaccardi*).

– **CGp 29.** Calcaire massif gris clair (wackestone) à rares cailloux noirs et multicolores, fissures de dessiccation, Charophytes (*Perimneste horrida*) et Ostracodes de milieu lagunaire saumâtre (*Macrodentina* gr. *mediostricta*).

– **CGp 30 à 33.** Calcaire massif gris à beige (wackestone-packstone), avec rares cailloux noirs et multicolores (intraclastes perforés par des lithophages, CGp 32), bioturbations (CGp 30), pellets, débris coquilliers de Lamellibranches (Ostréides), organismes laguno-lacustres remaniés tels que Charophytes (*Hemiglobator maillardi*, *Perimneste horrida*, *Porochara jaccardi*), Ostracodes (*Cypridea* spp.) et Gastéropodes. Partie supérieure oolithique (CGp 32-33) avec oncoïdes et Dasycladacées (CGp 32).

– **CGp 34.** Marne noirâtre avec microfossiles marins et laguno-lacustres remaniés de la Cénozone continentale M3. Charophytes : *Hemiglobator maillardi*, *Perimneste horrida*, *Perimneste micrandra*, *Nodosoclavator bradleyi*, *Clavator reidi*, *Porochara maxima*, *Porochara jaccardi*. Ostracodes : *Damonella pygmaea*, *Eoparacypris weedonensis*, *Macrodentina* (*Dictyocythere*) *mediostricta transfuga*, *Schuleridea* gr. *mediocaudata*, *Schuleridea* sp. Gastéropodes : *Hydrobia chopardiana*, *Gyraulus loryi*. Lamellibranches de milieu lagunaire saumâtre : *Neomiodon* sp. Foraminifères benthiques : *Feurtillia frequens*, "*Siphovalvulina*" sp., *Lenticulina* (*Lenticulina*) gr. *muensteri*. Dasycladacées : *Clypeina jurassica*. Vertébrés : dents de Pycnodontes (poissons Téléostéens/Actinoptérygiens).

– **CGp 35.** Calcaire marneux gris foncé (wackestone) avec pyrite (milieu de dépôt anoxique), débris de Lamellibranches (Ostréides) et de Charophytes (thalles de *Clavator reidi*), Dasycladacées (*Clypeina jurassica*), petits Gastéropodes de milieu lagunaire saumâtre (*Hydrobia* sp.).

– **CGp 36 à 43.** Calcaires massifs oolithiques (packstone) de couleur gris-beige parfois foncée (CGp 38, CGp 42) à beige-jaunâtre plus claire (CGp 43), marno-calcaires grisâtres et marne grumeleuse jaunâtre

(CGp 40). Ooides abondants et souvent micritisés, débris coquilliers de Mollusques (Lamellibranches/Ostréides, Gastéropodes/Nérinées), Foraminifères benthiques (Trocholines, Miliolles, Ataxophragmiidés, *Pseudocyclammina lituus* : CGp 43), Dasycladacées (Clypéines), pellets, intraclastes, traces de glauconie (minéral vert pomme), Ostracodes de milieu lagunaire saumâtre (*Macrodentina* gr. *mediostricta*, *Fabanella boloniensis* : CGp 41-42), Serpules (CGp 42). Le niveau marneux **CGp 40** a livré des microfossiles marins et laguno-lacustres de la Cénozone continentale M4. Charophytes : *Porochara jaccardi*. Ostracodes : *Cypridea granulosa fasciculata*, *Fabanella boloniensis*, *Eoparacypris weedonensis*, *Macrodentina* (*Dictyocythere*) *mediostricta transfuga*. Gastéropodes : petites Nérinées. Foraminifères benthiques : *Feurtillia* aff. *frequens*.

1.12. Description de la coupe du Poizat (fig. 28)

Coupe étudiée par Donze et Grekoff [1953], ainsi que par Donze [1958]. Echantillons Po 1 à 14.

1.12.1. "Portlandien"/Tithonien (faciès d'estran évaporitique ou sebkha azoïque)

Calcaires beiges, microcristallins et poreux ("dolomitiques"), avec au sommet un banc jaunâtre vacuaire (par dissolution des évaporites, gypse ou anhydrite massifs) à texture sparitique très grossière correspondant à une cornieule et marquant selon Maillard [1884a] la base du Purbeckien.

1.12.2. Purbeckien

1.12.2.1. Marnes à gypse (faciès de sebkha confinée à influences laguno-lacustres tardives)

La partie inférieure des Marnes à gypse est constituée par des sédiments poreux d'aspect "dolomitique", soit des petits bancs calcaires beiges microcristallins et finement laminés (tapis algaires), ainsi que par des marnes jaunâtres azoïques à quartz authigènes bipyramidés souvent disposés en aggrégats sphériques (**Po 1-2**) et sphérules de quartzine (calcédoine, **Po 1**). Les deux derniers bancs calcaires de ce type de dépôt, juste sous le premier niveau marneux gris à petits cailloux noirs, encadrent un mince horizon de marne brunâtre (**Po 3**) avec quelques Charophytes (*Nodosoclavator bradleyi*, *Porochara fusca*) et présentent une structure interne en brèche de collapse pour le premier, ainsi que des coprolithes de Favréines et de nombreux pellets pour le second placé au-dessus du niveau marneux **Po 3**.

Au-dessus, dans la partie moyenne des Marnes à gypse, passage brusque à des dépôts à cailloux noirs et

multicolores (bancs calcaires massifs ou bréchifiés constituant des brèches conglomératiques, marno-calcaires et marnes de couleur beige à grise), contenant de nombreux microfossiles laguno-lacustres (Charophytes, Ostracodes, Gastéropodes et Serpules) ainsi que des *bird's eyes* et des fissures de dessiccation périodique. Les niveaux marneux de couleur grise à cailloux noirs (Po 4 à 6) ont livré des microfossiles laguno-lacustres de la Cénozone continentale M1a.

– **Po 4.** Charophytes : *Nodosoclavator bradleyi*, *Clavator reidi*, *Porochara maxima* (très abondantes), *Porochara fusca*, *Mesochara harrisi*. Ostracodes : *Cypridea tumescens acrobeles*, *Theriosynoecum forbesii forbesii*, *Scabriculocypris trapezoides*, *Fabanella boloniensis*.

– **Po 5.** Charophytes : *Perimneste horrida*, *Nodosoclavator bradleyi*, *Clavator reidi*, *Porochara maxima* (très abondantes), *Porochara fusca*, *Mesochara harrisi*. Ostracodes : *Cypridea tumescens acrobeles*, *Cypridea mirabilis*, *Theriosynoecum forbesii forbesii*, *Bisulcocypsis dilatata*, *Darwinula leguminella*, *Mantelliana purbeckensis*, *Fabanella boloniensis*. Gastéropodes : *Provalvata helicoides*. Foraminifères benthiques : *Anchispirocyclina lusitanica* (rares fragments). Serpules. Débris d'os de poissons.

– **Po 6.** Charophytes : *Perimneste horrida*, *Nodosoclavator bradleyi*, *Flabellochara grovesi*, *Porochara maxima*, *Porochara fusca*. Ostracodes : *Cypridea mirabilis*, *Mantelliana purbeckensis*, *Fabanella boloniensis*. Gastéropodes : *Gyraulus loryi*. Serpules.

– **Po 7.** Charophytes : *Nodosoclavator bradleyi*, *Clavator reidi*, *Porochara fusca*. Ostracodes : *Cypridea gr. tumescens*, *Mantelliana purbeckensis*, *Fabanella boloniensis*. Gastéropodes : *Provalvata sabaudiensis*, *Gyraulus loryi*. Serpules.

1.12.2.2. Couches nymphéennes

Unité A (faciès d'estrane à intercalations laguno-lacustres)

Sédiments de couleur beige à grise, souvent bréchifiés par de la dessiccation périodique et de la bioturbation, riches en petits cailloux noirs et multicolores (bancs microbréchifiés de la partie inférieure de l'Unité A) ainsi qu'en microfossiles laguno-lacustres et beaucoup plus rarement marins. A ce propos, les niveaux marneux ont livré des assemblages d'organismes de la Cénozone continentale M1b.

– **Po 8.** Marno-calcaire beige. Charophytes : *Porochara jaccardi*, *Porochara fusca*. Ostracodes : *Fabanella boloniensis*.

– **Po 9.** Marne gris foncé. Charophytes : *Hemiglobator praecursor*, *Perimneste horrida*, *Dictyoclavator fieri*, *Porochara jaccardi*. Ostracodes : *Cypridea dunkeri carinata*, *Cypridea tumescens praecursor*, *Cypridea gr.*

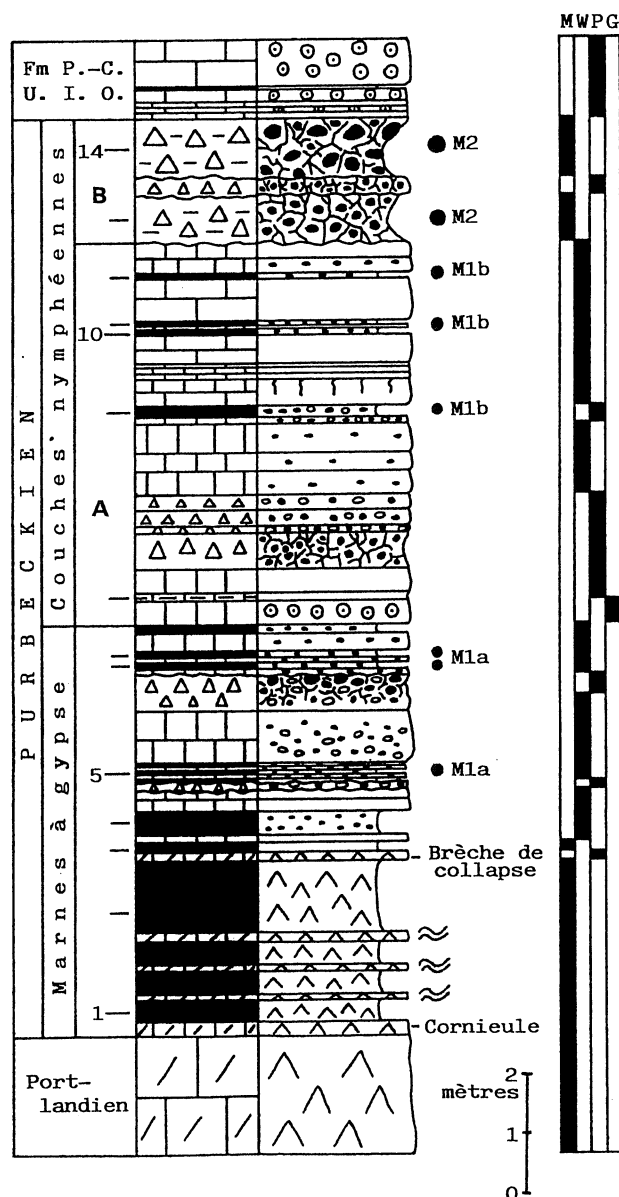


FIG. 28. – Levé de la coupe du Poizat (Jura français méridional).

peltoides, *Fabanella boloniensis* (90% des microfossiles). Gastéropodes : *Provalvata sabaudiensis*, *Gyraulus loryi*. Serpules. Vertébrés : débris d'os (vertèbres) de poissons et dents broyeuses de Pycnodontidés (Téléostéens/Actinoptérygiens).

– **Po 10-11.** Marnes beiges. Charophytes : *Hemiglobator praecursor*, *Perimneste horrida*, *Clavator reidi*, *Porochara maxima*, *Porochara jaccardi*, *Porochara fusca*. Ostracodes : *Fabanella boloniensis*, *Eoparacypris weedonensis*. Gastéropodes : *Provalvata helicoides*. Foraminifères benthiques : "*Siphovalvulina*" sp., *Lenticulina (Lenticulina) gr. muensteri* (petite taille). Serpules.

– **Po 12.** Marne brune. Charophytes : *Hemiglobator praecursor*, *Perimneste horrida*, *Perimneste micrandra*, *Nodosoclavator bradleyi*, *Clavator reidi*, *Flabellochara grovesi*, *Porochara jaccardi*, *Porochara fusca*. Ostracodes : *Cypridea dunkeri carinata*, *Cypridea*

tumescens praecursor, *Theriosynoecum forbesii forbesii*, *Bisulcocypris dilatata*, *Mantelliana purbeckensis*, *Fabanella boloniensis*, *Eoparacypris weedenensis*, *Paranotacythere favulata*. Gastéropodes : *Gyraulus loryi*.

Le premier banc de l'Unité A est oolithique (petit ooides de milieu lagunaire saumâtre) et de couleur rosâtre. Une importante influence lagunaire saumâtre caractérisée par le même type d'ooides, des Dasycladacées ainsi que d'abondantes Serpules se retrouve jusque dans les bancs bréchifiés de la partie inférieure de l'Unité A (brèche conglomératique). Par contre, à partir de Po 9, la partie supérieure de l'Unité A est caractérisée par des bancs à texture nettement plus fine, avec *bird's eyes* et fissures de dessiccation périodique (faciès d'estran boueux).

Unité B (faciès bréchifiés à dominance laguno-lacustre)

La partie supérieure du Purbeckien du Poizat correspond à l'Unité B des Couches nymphéennes du Purbeckien. Celle-ci est constituée de calcaires gris (mudstone à *bird's eyes* et fissures de dessiccation, packstone microbréchique à petits cailloux noirs et multicolores) très bréchifiés formant plusieurs niveaux de brèches conglomératiques injectées de marne grise à très nombreux cailloux et galets noirs ou multicolores. La marne (Po 13-14) a livré un assemblage de microfossiles essentiellement laguno-lacustres caractérisant la Cénozone continentale M2. Charophytes : *Hemiglobator protoincrassatus*, *Perimneste horrida*, *Perimneste micrandra*, *Nodosoclavator bradleyi*, *Clavator reidi*, *Flabellochara grovesi*, *Porochara jaccardi*, *Porochara fusca*. Ostracodes : *Cypridea dunkeri carinata*, *Cypridea tumescens tumescens*, *Cypridea tumescens praecursor*, *Cypridea gr. peltoides*, *Theriosynoecum forbesii forbesii*, *Bisulcocypris dilatata*, *Darwinula leguminella*, *Septacandona eocretacea*, *Mantelliana purbeckensis*, *Mantelliana wealdensis*, *Fabanella boloniensis*, *Paranotacythere favulata*. Gastéropodes : *Hydrobia chopardiana*, *Lorilina loryana*, *Provalvata helicoides*, *Proauriculastra dubisiensis*, *Gyraulus loryi*. Foraminifères benthiques : "*Siphovalvulina*" sp., *Lenticulina* (*Lenticulina*) gr. *muensteri*.

Ces niveaux conglomératiques remarquables à gros cailloux noirs constituent la "grande brèche sommitale" du Purbeckien, qui correspond principalement à la Cénozone continentale M2 et se retrouve quasiment partout dans l'ensemble du Jura franco-suisse. Enfin, il faut encore relever dans la coupe du Poizat l'absence des marnes lacustres de la Cénozone continentale M3, qui ont été érodées et remaniées par les dépôts transgressifs de l'Unité Inférieure Oolithique.

1.12.3. Formation de Pierre-Châtel

Unité Inférieure Oolithique (U. I. O., faciès de lagon marin, barre sableuse subtidale)

Calcaires massifs et mince niveau marneux oolithiques jaunâtres, avec Charophytes remaniées à la base, Dasycladacées, Foraminifères benthiques (Trocholines, Miliolles, Ataxophragmiidés, Pseudocyclammines, Nautiloculines) et débris coquilliers divers (Lamellibranches/Ostréides, Gastéropodes).

1.13. Description de la coupe de Thoirette (fig. 29 ; échantillons Th 1 à 68)

1.13.1. "Portlandien"/Tithonien (faciès d'estran évaporitique ou sebkha azoïque)

– **Th 1 à 17.** Calcaire (mudstone) et marnes "dolo-mitiques", très poreux et de couleur jaunâtre à beige-rosâtre, d'aspect saccharoïde (texture crypto-cristalline) et vacuolaire (cloisonnement par dissolution partielle d'évaporites telles que gypse ou anhydrite massifs au cours de la diagénèse).

– **Th 1 à 3.** Bancs massifs jaunâtres, vacuolaires (Th 1 et 3) ou à laminations algaires (Th 2).

– **Th 4.** Gros banc jaunâtre très friable (aspect sableux dû à l'altération) et vacuolaire.

– **Th 5.** Marne rosâtre (lie-de-vin).

– **Th 6 à 15.** Bancs calcaires massifs de couleur en général beige-jaunâtre foncé à gris foncé (Th 7) ou rosâtre (Th 10, 12, 14), vacuolaires avec fissures de dissolution (Th 9, 11, 13), parfois bréchifiés (sommet du banc Th 6 avec brèche de collapse par dissolution d'évaporites) ou avec fines laminations algaires (Th 14 et 15).

– **Th 16 à 19.** Banc massif jaunâtre à rosâtre, partie moyenne du banc avec nombreux *bird's eyes* et taches ferrugineuses (Th 17) et brèche de collapse (Th 18).

– **Th 20-21.** Banc massif beige clair et vacuolaire. Partie supérieure (Th 21) avec nombreux *bird's eyes*.

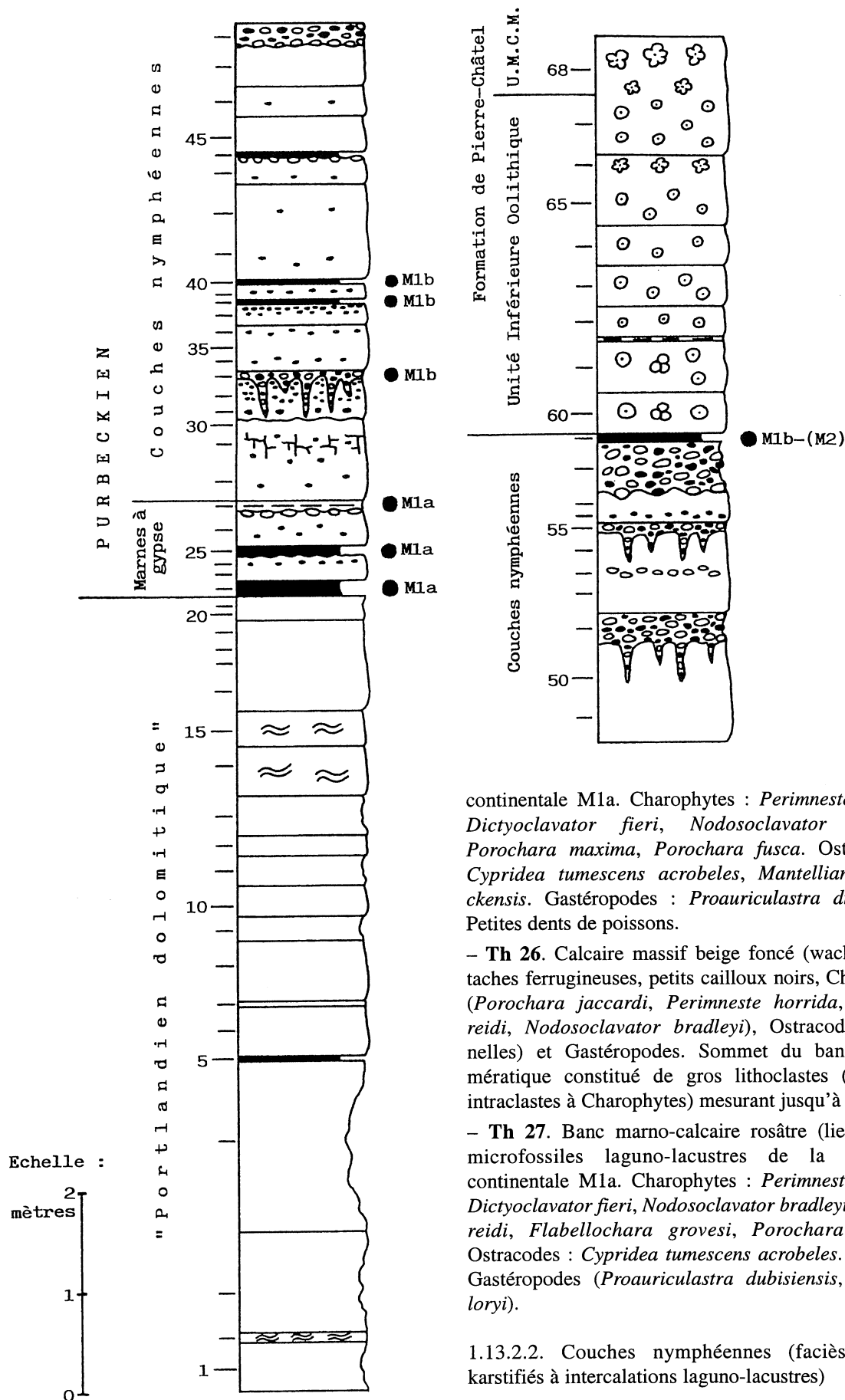
1.13.2. Purbeckien

1.13.2.1. Marnes à gypse (faciès de sebkha à intercalations laguno-lacustres)

– **Th 22.** Marne rosâtre (lie-de-vin) à quartz authigènes en aggrégats sphériques mal cristallisés et microfossiles laguno-lacustres de la Cénozone continentale M1a. Charophytes : *Perimneste horrida*, *Nodosoclavator bradleyi*, *Porochara maxima*, *Porochara jaccardi*. Ostracodes : *Cypridea tumescens acrobeles*, *Mantelliana purbeckensis*. Débris de dents de poissons.

– **Th 23-24.** Calcaire massif beige clair à beige foncé dans la partie supérieure du banc (wackestone), avec Charophytes (*Porochara maxima*, *Porochara jaccardi*, *Perimneste horrida*), Ostracodes, petits cailloux noirs et multicolores abondants dans la partie supérieure du banc (Th 24).

– **Th 25.** Marne grise à petits cailloux noirs, ainsi que microfossiles laguno-lacustres de la Cénozone



continentale M1a. Charophytes : *Perimneste horrida*, *Dictyoclavator fieri*, *Nodosoclavator bradleyi*, *Porochara maxima*, *Porochara fusca*. Ostracodes : *Cypridea tumescens acrobeles*, *Mantelliana purbeckensis*. Gastéropodes : *Proauriculastra dubisiensis*. Petites dents de poissons.

– **Th 26.** Calcaire massif beige foncé (wackestone) à taches ferrugineuses, petits cailloux noirs, Charophytes (*Porochara jaccardi*, *Perimneste horrida*, *Clavator reidi*, *Nodosoclavator bradleyi*), Ostracodes (Fabanelles) et Gastéropodes. Sommet du banc conglomératique constitué de gros lithoclastes (galets ou intraclastes à Charophytes) mesurant jusqu'à 20 cm.

– **Th 27.** Banc marno-calcaire rosâtre (lie-de-vin) à microfossiles laguno-lacustres de la Cénozone continentale M1a. Charophytes : *Perimneste horrida*, *Dictyoclavator fieri*, *Nodosoclavator bradleyi*, *Clavator reidi*, *Flabellochara grovesi*, *Porochara maxima*. Ostracodes : *Cypridea tumescens acrobeles*. Débris de Gastéropodes (*Proauriculastra dubisiensis*, *Gyraulus loryi*).

1.13.2.2. Couches nymphéennes (faciès d'estran karstifiés à intercalations laguno-lacustres)

– **Th 28 à 30.** Banc calcaire massif (wackestone-packstone de couleur beige devenant foncée dans la

FIG. 29.– Levé de la coupe de Thoirrette (Jura français méridional).

partie supérieure du banc, avec petits cailloux noirs et multicolores, Charophytes (*Porochara maxima*, *Porochara jaccardi*, *Hemiglobator praecursor*, *Dictyo-clavator fieri*, *Clavator reidi*), Ostracodes et Gastéropodes. Partie supérieure bréchifiée (Th 29 avec gros intraclastes micritiques jaunâtres dans une matrice beige foncé) avec pédogénèse (karstification) au sommet du banc (Th 30).

– **Th 31-32.** Calcaire massif beige foncé (wackestone à cailloux noirs et multicolores ; partie moyenne microbréchique, Th 32), quelques Charophytes, Ostracodes et débris de Gastéropodes, fissures de dessiccation. Banc karstifié et injecté par de la marne verte (brèche conglomératique sus-jacente) sur toute son épaisseur, surface supérieure du banc à nombreux cailloux noirs profondément ravinée et corrodée pour former un petit relief de lapiez.

– **Th 33.** Brèche conglomératique et marne verte à cailloux noirs et multicolores, avec microfossiles laguno-lacustres de la Cénozone continentale M1b. Charophytes : *Nodosoclavator bradleyi*, *Flabellachara grovesi*, *Porochara maxima*. Ostracodes : *Cypridea tumescens praecursor*. Débris de Gastéropodes.

– **Th 34 à 36.** Calcaire massif beige-jaunâtre (wackestone) à taches ferrugineuses, petits cailloux noirs et multicolores (Th 34 et 36), Serpules (Th 35), Charophytes (*Porochara jaccardi*), Ostracodes, pellets, *bird's eyes* et fissures de dessiccation périodique.

– **Th 37.** Petit banc calcaire massif beige à brun (packstone), avec Charophytes (*Dictyo-clavator fieri*, *Clavator reidi*). Partie supérieure du banc de couleur brune, enrichie en matière organique et avec petits cailloux noirs.

– **Th 38.** Marne brunâtre grumeleuse, riche en matière organique, à petits cailloux noirs et abondants microfossiles laguno-lacustres de la Cénozone continentale M1b [niveau de référence cité dans Mojon, 1989c]. Charophytes : *Hemiglobator praecursor*, *Dictyo-clavator fieri*, *Porochara maxima*. Gastéropodes : *Gyraulus loryi* (débris).

– **Th 39.** Petit banc calcaire massif beige (wackestone) à petits cailloux noirs, pellets, quelques Charophytes et *bird's eyes*.

– **Th 40.** Marne gris-verdâtre avec quelques petits cailloux noirs et microfossiles laguno-lacustres variés de la Cénozone continentale M1b. Charophytes : *Hemiglobator praecursor*, *Perimneste horrida*, *Dictyo-clavator fieri*, *Nodosoclavator bradleyi*, *Porochara jaccardi*. Ostracodes : *Cypridea dunkeri carinata*, *Cypridea tumescens praecursor*, *Mantelliana wealdensis*, *Fabanella boloniensis*, *Eoparacypris weeldonensis*.

– **Th 41-42.** Banc calcaire massif beige (mudstone) à taches ferrugineuses, avec quelques petits cailloux noirs et Charophytes, *bird's eyes* et fissures de dessiccation périodique. Partie supérieure du banc (Th 42) avec de très nombreux *bird's eyes* (lofériete).

– **Th 43.** Petit banc calcaire massif beige-jaunâtre (packstone), avec nombreuses Serpules, petits ooides de milieu lagunaire saumâtre, débris coquilliers de Lamellibranches de milieu lagunaire saumâtre (*Neomiodon* sp.), quelques petits cailloux noirs et multicolores, quelques Charophytes. Surface supérieure du banc ferrugineuse et conglomératique avec lithoclastes micritiques mesurant jusqu'à 10 cm.

– **Th 44.** Marne verdâtre avec quelques quartz authigènes bipyramidés souvent disposés en aggrégats sphériques et microfossiles laguno-lacustres. Charophytes : *Perimneste horrida*, *Porochara jaccardi*. Ostracodes : *Septacandona eocretacea*, *Fabanella boloniensis*, *Eoparacypris weeldonensis*. Gastéropodes : *Provalvata helicoides*. Serpules.

– **Th 45 à 47.** Bancs calcaires beige-jaunâtre (mudstone) à taches ferrugineuses, avec quelques rares Serpules (Th 45) et petits cailloux noirs (Th 46), *bird's eyes* et fissures de dessiccation (Th 46-47).

– **Th 48.** Brèche conglomératique à cailloux noirs et galets multicolores composites (wackestone-packstone beige plus ou moins foncé, à Charophytes, Ostracodes, Serpules, fissures de dessiccation très développées, petits cailloux noirs et multicolores donnant parfois un aspect microbréchique). Très peu de marne verte, avec pseudomorphoses calcitiques de microcristaux de gypse et microfossiles laguno-lacustres. Charophytes : *Perimneste horrida*, *Clavator reidi*, *Porochara jaccardi*. Ostracodes : *Fabanella boloniensis*, *Eoparacypris weeldonensis*. Gastéropodes : *Provalvata helicoides*, *Gyraulus loryi*. Serpules.

– **Th 49-50.** Calcaire massif de couleur claire beige-jaunâtre (mudstone), à taches ferrugineuses et nuances verdâtres à rosâtres, avec quelques Charophytes et *bird's eyes* (Th 49) ainsi que fissures de dessiccation périodique. Surface supérieure du banc profondément ravinée et karstifiée, avec injection de marne verte sur 40 cm à partir de la brèche conglomératique sus-jacente, formant un petit relief de lapiez.

– **Th 51.** Brèche conglomératique et marne verte, avec cailloux noirs et galets multicolores, ainsi que pseudomorphoses calcitiques de microcristaux de gypse et microfossiles laguno-lacustres. Charophytes : *Perimneste horrida*, *Perimneste micrandra*, *Nodosoclavator bradleyi*, *Porochara jaccardi*. Ostracodes : *Fabanella boloniensis*. Gastéropodes : *Provalvata helicoides*, *Gyraulus loryi*. Serpules.

– **Th 52 à 54.** Banc calcaire massif gris à beige foncé (mudstone-wackestone). Partie moyenne du banc (Th 53) bréchique avec gros intraclastes micritiques jaunâtres, colonies de Serpules, Charophytes, Ostracodes, pellets, fissure de dessiccation. Partie supérieure du banc (Th 54) avec quelques Ostracodes et intraclastes du faciès sous-jacent à Serpules, ainsi que fissures de dessiccation très développées et pédogénèse. Surface supérieure du banc ravinée et karstifiée, avec injection de marne verte sur 30 cm à partir de la brèche conglomératique sus-jacente, formant un petit lapiez.

– **Th 55.** Brèche conglomératique à cailloux noirs et galets multicolores. Très peu de marne verte.

– **Th 56-57.** Petit banc calcaire massif (wackestone-mudstone) de couleur gris-beige foncé à beige clair, avec nuances panachées jaunâtres, verdâtres ou rosâtres (taches ferrugineuses et aspect rubanné). Partie inférieure du banc (Th 56) avec petits cailloux noirs et multicolores, Charophytes, Ostracodes, Serpules, rares ooides de milieu lagunaire saumâtre, pellets, débris coquilliers de Lamellibranches (*Neomiodon* sp.) et de Gastéropodes, Foraminifères benthiques (Lenticulines), *bird's eyes* et fissures de dessiccation. Partie supérieure (Th 57) bioturbée, avec quelques colonies de Serpules, Ostracodes et débris coquilliers divers, *bird's eyes* et fissures de dessiccation.

– **Th 58-59.** Brèche conglomératique à nombreux cailloux noirs et galets multicolores (lithoclastes de couleur beige-jaunâtre assez foncée, packstone à taches ferrugineuses et d'aspect microbréchique à nombreux petits cailloux noirs et multicolores, Charophytes, Ostracodes, Gastéropodes, débris coquilliers de Lamellibranches : *Neomiodon* sp. et fissures de dessiccation très développées). Marne verte surtout concentrée au sommet de la brèche conglomératique (Th 59) avec pseudomorphoses calcitiques de microcristaux de gypse et microfossiles laguno-lacustres des Cénozones continentales M1b et M2 (mal représentée). Charophytes : *Hemiglobator* cf. *protoincrassatus* (un spécimen très mal conservé), *Hemiglobator praecursor*, *Perimneste horrida*, *Perimneste micrandra*, *Clavator reidi*, *Flabellochara grovesi*, *Porochara jaccardi*, *Porochara fusca*. Ostracodes : *Cypridea dunkeri carinata*, *Fabanella boloniensis*. Gastéropodes : *Hydrobia chopardiana*, *Lavansia mojonina*, *Provalvata helicoides*, *Gyraulus loryi*. Serpules.

1.13.3. Formation de Pierre-Châtel

1.13.3.1. Unité Inférieure Oolithique (U. I. O., faciès de lagon marin peu profond, barres oolithiques subtidales générées par des courants de haute énergie)

– **Th 60 à 65 et 67.** Calcaires oolithiques jaunâtres (grainstone ferrugineux avec ciment sparitique à packstone micritique au sommet), avec gros ooides dans la partie inférieure (texture grossière : bancs Th 60, 61, 63) et ooides petits à moyens dans la partie supérieure (bancs Th 62, 64, 65, 67), Trocholines (*Trocholina* gr. *alpina-elongata*), débris coquilliers de Lamellibranches (petits Ostréides). Entre les bancs Th 61-62, joint marno-calcaire peu épais.

1.13.3.2. Passage à l'Unité Moyenne Calcaire Massive (U. M. C. M.)

Transition entre faciès de lagon marin (grainstone oolithique, Th 67) et faciès de lagon restreint (micrite à oncoïdes, Th 68).

– **Th 66 et 68.** Calcaires massifs (packstone) beige-jaunâtre (partiellement ferrugineux), avec oncoïdes, Foraminifères benthiques (Trocholines, Miliolles), quelques ooides, débris coquilliers divers (Lamellibranches/Ostréides, Gastéropodes/Nérinées, Brachiopodes). Dans le banc Th 68, ces débris coquilliers sont de grande taille, micritisés et constituent souvent le noyau de grands oncoïdes ("momies") dans la partie moyenne du banc Th 68.

1.14. Description de la coupe du Crozet (fig. 30 ; échantillons Cr 1 à 138)

1.14.1. "Portlandien"/Tithonien (faciès d'estran évaporitique et azoïque, "dolomies portlandiennes")

– **Cr 1.** Calcaire jaunâtre (mudstone) très poreux et d'aspect saccharoïde ("dolomitique").

– **Cr 2.** Marne gris foncé.

1.14.2. Purbeckien

1.14.2.1. Marnes à gypse (faciès lagunaire saumâtre et d'estran avec intercalations laguno-lacustres et paléosols remaniés)

– **Cr 3 à 5.** Banc calcaire massif gris-beige clair (packstone-grainstone), oolithique (petits ooides de type lagunaire, fréquemment en agglomérats de type grapestone), Serpules très abondantes, petits cailloux noirs (souvent calcrétisés) et intraclastes multicolores ferrugineux (jaunâtres) et glauconitisés abondants dans les parties inférieure et supérieure du banc (aspect microbréchique), débris de petits Lamellibranches laguno-lacustres (*Neomiodon* sp.), quelques Miliolles et Charophytes (gyrogonites de *Porochara maxima* et thalles de *Clavator reidi*), un peu de glauconie (minéral vert pomme imprégnant les ooides).

– **Cr 6.** Banc marno-calcaire beige clair (mudstone-wackestone) à taches ferrugineuses, *bird's eyes*, glauconie, quelques petits cailloux noirs et multicolores, petits ooides glauconitisés, quelques gyrogonites de Charophytes (*Porochara* sp.). Ce niveau à livré quelques microfossiles laguno-lacustres. Charophytes : *Nodosoclavator bradleyi*, *Clavator reidi*, *Porochara fusca*. Ostracodes : *Cypridea tumescens acrobeles*, *Theriosynoecum forbesii forbesii*, *Mantelliana purbeckensis*.

– **Cr 7.** Calcaire massif beige très foncé (packstone) à taches ferrugineuses, Charophytes très abondantes (*Porochara* spp. et surtout thalles de *Clavator reidi*), nombreux Ostracodes (*Cypridea* sp.) et Gastéropodes. Faciès lacustre typique.

– **Cr 8.** Calcaire massif beige clair (mudstone).

– **Cr 9.** Brèche conglomératique à petits galets noirs et multicolores. Ces derniers correspondent à des intraclastes micritiques beige-jaunâtre (wackestone-

packstone) à petits cailloux noirs et multicolores, rares Charophytes (*Porochara maxima*, *Porochara fusca*), Ostracodes, Gastéropodes, Serpules, parfois finement laminés et dolomités (tapis algaires) avec *bird's eyes* et fissures de dessiccation.

– **Cr 10.** Marne grise à petits cailloux noirs et multicolores, avec microfossiles laguno-lacustres de la Cénozone continentale M1a. Charophytes : *Perimneste horrida*, *Dictyoclavator fieri*, *Nodosoclavator bradleyi*, *Clavator reidi*, *Clypeator discordis*, *Porochara maxima*, *Porochara fusca*. Ostracodes : *Cypridea tumescens acrobeles*, *Mantelliana purbeckensis*, *Fabanella boloniensis*. Gastéropodes : *Provalvata helicoides*, *Prophysa bristovii*.

– **Cr 11-12.** Calcaire marneux (packstone-wackestone) gris à beige (Cr 12), avec petits cailloux noirs et multicolores (Cr 11 d'aspect microbréchique), bioturbations à remplissage microconglomératique verdâtre (Cr 12), Charophytes (*Porochara maxima*, *Porochara fusca*, thalles de *Clavator reidi*), Ostracodes, Gastéropodes, Serpules, *bird's eyes* et fissures de dessiccation.

– **Cr 13.** Marne brunâtre à microfossiles laguno-lacustres. Charophytes : *Nodosoclavator bradleyi*, *Porochara maxima*, *Porochara fusca*. Ostracodes : *Mantelliana purbeckensis*. Gastéropodes : *Pyrgulifera purbeckensis*, *Provalvata helicoides*. Serpules.

– **Cr 14 à 16.** Calcaire marneux gris foncé (mudstone bioturbé : Cr 14 à packstone : Cr 16) finement laminés (tapis algaires), à très petits cailloux noirs et intraclastes multicolores souvent calcrétisés, Serpules abondantes, petits ooides glauconitisés, empreintes creuses et cunéiformes de cristaux dissous d'évaporites (baguettes d'anhydrite : Cr 15), Charophytes (*Porochara maxima*, *Nodosoclavator bradleyi*), Gastéropodes (*Hydrobia* sp.), quelques Foraminifères benthiques (petites Miliolles, quelques rares *Anchispirocyclina lusitanica*), débris charbonneux. A la base, grosses bioturbations remplies de matériel grossier jaunâtre (packstone).

– **Cr 17.** Marne gris-verdâtre à aggrégats sphériques de quartz authigènes, ainsi que microfossiles marins et laguno-lacustres de la Cénozone continentale M1a. Charophytes : *Porochara maxima*, *Porochara fusca*. Ostracodes : *Mantelliana purbeckensis*. Gastéropodes : *Provalvata helicoides*. Foraminifères benthiques : grands Lituolidés (*Anchispirocyclina lusitanica*).

– **Cr 18 à 20.** Calcaire massif gris-beige foncé (packstone-mudstone). Partie inférieure du banc (Cr 18 et 19 : packstone) à nombreux débris coquilliers (petits Lamellibranches : *Neomiodon* sp. et Gastéropodes), Ostracodes, quelques petits cailloux noirs (souvent calcrétisés) et nombreux gros intraclastes micritiques jaunâtres, Miliolles, tests micritisés d'*Anchispirocyclina lusitanica*, débris charbonneux. Partie supérieure (Cr 20) avec lits de microcristaux dissous d'évaporites (empreintes creuses en forme de baguettes d'anhydrite).

– **Cr 21.** Marne rosâtre à aggrégats sphériques et pétaloïdes de quartz authigènes bipyramidés et fantômes

d'évaporites (empreintes creuses de baguettes d'anhydrite).

– **Cr 22 à 24.** Calcaires marneux beige foncé (mudstone-wackestone) à taches ferrugineuses, laminations algaires (Cr 22 et 24), petites Miliolles et rares Charophytes (*Porochara fusca*), ainsi que nombreux *bird's eyes* (Cr 23) et Serpules, aggrégats sphériques de quartz authigènes bipyramidés et sphérules de quartzine (Cr 22).

– **Cr 25.** Calcaire massif oolithique beige (petits ooides de milieu lagunaire, grainstone à ciment microsparitique), avec quelques petits cailloux noirs et multicolores.

– **Cr 26.** Banc irrégulier marno-calcaire (mudstone) beige foncé, formant des "poches" dans le substrat, pédogénétisé (nombreuses traces de racines ou rhizolithes, début de calcrétisation) et correspondant à un paléosol de marécage. La marne a livré des microfossiles laguno-lacustres. Charophytes : *Perimneste horrida*, *Porochara fusca*. Ostracodes : *Mantelliana purbeckensis*. Gastéropodes : *Provalvata helicoides*. Serpules.

– **Cr 27-28.** Calcaire massif beige clair (wackestone-mudstone à laminations algaires bréchifiées en gros lithoclastes anguleux qui se rapportent à une brèche de collapse par dissolution d'évaporites), avec petits cailloux noirs et multicolores, débris d'Ostracodes et de Gastéropodes. Partie supérieure du banc (Cr 28 : mudstone) à empreintes creuses et cunéiformes de microcristaux dissous d'évaporites (anhydrite).

– **Cr 29.** Marne grise avec quelques Charophytes (*Porochara fusca*), quartz authigènes bipyramidés souvent disposés en aggrégats sphériques et pseudomorphoses calcitiques de microcristaux de gypse.

– **Cr 30.** Calcaire massif beige clair (mudstone) à brun (wackestone-packstone), avec fissures de dessiccation périodique très développées, nombreux petits cailloux noirs et galets multicolores souvent calcrétisés dans la partie supérieure du banc (aspect microbréchique) avec ciment blanchâtre et poreux (dolomitisation primaire).

1.14.2.2. Couches nymphéennes (faciès d'estran avec tapis algaires, intercalations laguno-lacustres et faciès de lagon restreint au sommet)

Dans cette coupe, la partie sommitale du Purbeckien est en grande partie remaniée dans l'Unité Inférieure Oolithique.

– **Cr 31.** Brèche conglomératique et marne verte. Cailloux et petits galets noirs (souvent calcrétisés) ou multicolores (intraclastes micritiques beiges à bruns avec laminations algaires et nombreux *bird's eyes*), Charophytes (*Porochara maxima*, *Dictyoclavator fieri*), Ostracodes.

– **Cr 32 à 34.** Calcaire massif beige-jaunâtre (wackestone-mudstone). Echantillons Cr 32-33 avec petits cailloux noirs et multicolores, Charophytes

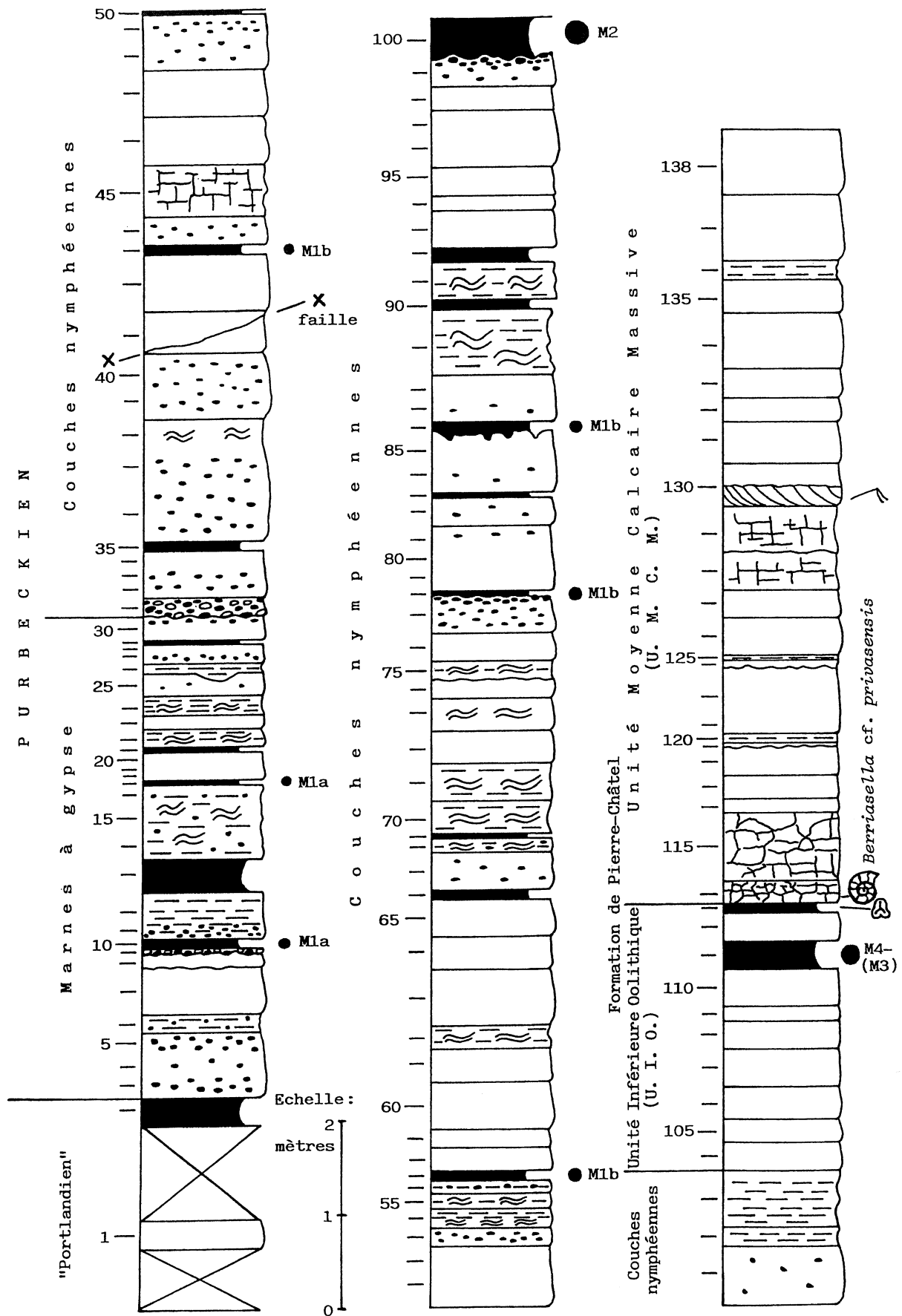


FIG. 30.- Levé de la coupe du Crozet (Jura français méridional).

(*Porochara maxima*, *Porochara fusca*, *Perimneste horrida*, thalles de *Clavator reidi*), Ostracodes (*Mantelliana purbeckensis*), nombreuses Serpules, laminations algaires bréchifiées par de la bioturbation, débris coquilliers de petits Lamellibranches de milieu lagunaire saumâtre (*Neomiodon* sp.). Sommet du banc (Cr 34) avec empreintes creuses et cunéiformes de microcristaux dissous d'évaporites (baguettes d'anhydrite).

– **Cr 35.** Marne beige microbréchique à cailloux noirs et multicolores, avec microfossiles laguno-lacustres. Charophytes : *Perimneste horrida*, *Nodosoclavator bradleyi*, *Clavator reidi* (thalles), *Porochara maxima*, *Porochara fusca*. Ostracodes : *Theriosynoecum forbesii*, *Fabanella boloniensis*. Gastéropodes : débris abondants de *Provalvata* sp. et *Gyraulus* sp.

– **Cr 36 à 38.** Calcaire massif beige foncé à jaunâtre (packstone-wackestone). Échantillons Cr 36-37 microbréchiques à cailloux noirs (souvent calcrétisés) et multicolores, nombreuses Serpules, Ostracodes, Gastéropodes, Charophytes (*Porochara* spp., *Nodosoclavator bradleyi*, thalles de *Clavator reidi*) et fissures de dessiccation. Partie supérieure du banc (Cr 38) à laminations algaires fines et grossières (avec petits intraclastes et Ostracodes).

– **Cr 39 à 41.** Calcaire massif beige (wackestone) avec petits cailloux noirs et multicolores, taches ferrugineuses (Cr 41), Charophytes (*Porochara* spp.) et Ostracodes (*Mantelliana purbeckensis*). Le banc Cr 41 est affecté par une faille (zone tectonisée).

– **Cr 42.** Calcaire massif gris-beige foncé (wackestone) à Serpules très abondantes et petits intraclastes.

– **Cr 43.** Marne grise à microfossiles laguno-lacustres de la Cénozone continentale M1b. Charophytes : *Perimneste horrida*, *Dictyoclavator fieri*, *Nodosoclavator bradleyi*, *Clavator reidi*, *Flabellochara grovesi*, *Porochara maxima*, *Porochara jaccardi*, *Porochara fusca*, *Mesochara stipitata*. Ostracodes : *Cypridea dunkeri carinata*, *Cypridea tumescens praecursor*, *Theriosynoecum forbesii forbesii*, *Bisulcocypris dilatata*, *Darwinula leguminella*, *Mantelliana purbeckensis*, *Fabanella boloniensis*, *Klieana alata* (rare). Gastéropodes : *Provalvata helicoides*, *Gyraulus loryi*. Dents broyeuses de Pycnodontidés (poissons durophages Téléostéens/Actinoptérygiens).

– **Cr 44.** Calcaire massif beige foncé (wackestone) à taches ferrugineuses, avec petits cailloux noirs et multicolores, fissures de dessiccation, débris d'os et d'écailles de poissons.

– **Cr 45.** Calcaire marneux bréchifié beige foncé (mudstone) à taches ferrugineuses et grosses fissures de dessiccation (*mud-cracks*).

– **Cr 46-47.** Calcaires massifs beige foncé (wackestone) à taches ferrugineuses, avec pseudomorphoses calcitiques de microcristaux de gypse (Cr 47), quelques

Serpules, Charophytes (*Porochara maxima*) et Ostracodes (Fabanelles), petits intraclastes.

– **Cr 48-49.** Calcaire massif beige à brun clair (wackestone-packstone), avec petits cailloux noirs et multicolores surtout abondants dans la partie supérieure du banc (Cr 49 d'aspect microbréchique), Serpules très abondantes (Cr 49), Charophytes (*Porochara jaccardi*, *Porochara maxima*, *Dictyoclavator fieri*, *Clavator reidi*), Gastéropodes (*Gyraulus* sp.), petites Miliolites et pseudomorphoses calcitiques de microcristaux de gypse (Cr 48).

– **Cr 50.** Marne grise à microfossiles laguno-lacustres. Charophytes : *Nodosoclavator bradleyi*, *Porochara jaccardi*, *Porochara fusca*. Ostracodes : *Fabanella boloniensis*, *Eoparacypris weedonensis*. Gastéropodes : opercules de *Cyclophoroidea*.

– **Cr 51-52.** Calcaire massif beige clair (wackestone) à Charophytes (*Porochara jaccardi*, *Porochara maxima*, *Dictyoclavator fieri*, thalles et utricules de *Clavator reidi*), Ostracodes (Fabanelles, *Cypridea* sp.), petits intraclastes et *bird's eyes*.

– **Cr 53.** Calcaire massif beige (packstone) à petits cailloux noirs et multicolores (aspect microbréchique), colonies de Serpules, Charophytes (*Porochara jaccardi*, *Porochara maxima*, *Dictyoclavator fieri*, *Clavator reidi*), Ostracodes.

– **Cr 54-55.** Calcaires marneux beige foncé (wackestone) à taches ferrugineuses et laminations algaires, avec très petits intraclastes, fins débris d'Ostracodes, de Gastéropodes et de Charophytes, quelques Serpules (Cr 54).

– **Cr 56.** Calcaire marneux beige foncé (packstone) à taches ferrugineuses, avec petits intraclastes, rares petits cailloux noirs, Ostracodes (Fabanelles), gyrogonites de Charophytes (*Porochara jaccardi*, *Porochara maxima*), quelques Serpules.

– **Cr 57.** Marne grise à microfossiles laguno-lacustres de la Cénozone continentale M1b. Charophytes : *Dictyoclavator fieri*, *Porochara jaccardi*, *Porochara fusca*. Ostracodes : *Cypridea dunkeri carinata*, *Cypridea tumescens praecursor*, *Darwinula leguminella*, *Fabanella boloniensis*, *Eoparacypris weedonensis*, *Paranotacythere favulata*. Serpules. Vertébrés : petites dents de poissons indéterminés et de Pycnodontidés (Téléostéens/Actinoptérygiens) ainsi que de Crocodiliens.

– **Cr 58 à 65.** Bancs calcaires gris foncé (Cr 60) à beige foncé avec taches ferrugineuses (mudstone-wackestone), localement marneux à laminations algaires (Cr 62), avec petits intraclastes et Serpules (Cr 58, 60, 61, 65), fins débris d'Ostracodes et de Gastéropodes (Cr 64), *bird's eyes* (Cr 65).

– **Cr 66.** Marne grise à microfossiles laguno-lacustres. Charophytes : *Nodosoclavator bradleyi*, *Clavator reidi*, *Flabellochara grovesi*, *Porochara jaccardi*. Ostracodes : *Fabanella boloniensis*. Dents broyeuses de

Pycnodontidés (poissons durophages Téléostéens/Actinoptérygiens).

– **Cr 67-68.** Calcaires massifs beige foncé (wackestone) à fines laminations algaires (Cr 68), très petits intraclastes et rares petits cailloux noirs, très fins débris d'Ostracodes et de Gastéropodes.

– **Cr 69.** Marne grise à microfossiles laguno-lacustres. Charophytes : *Porochara jaccardi*. Ostracodes : *Bisulcocypsis dilatata*, *Fabanella boloniensis*, *Paranotaclythere favulata*. Serpules. Débris d'os et dents broyeuses de Pycnodontidés (poissons Téléostéens/Actinoptérygiens).

– **Cr 70 à 75.** Bancs marno-calcaires feuilletés (Cr 70-71, 75) et massifs (Cr 72, 73, 74) de couleur gris clair (mudstone), avec fines laminations algaires et *bird's eyes*.

– **Cr 76.** Calcaire massif gris clair (packstone), avec petits intraclastes micritiques, fins débris d'Ostracodes et de Gastéropodes, Charophytes (*Porochara jaccardi*).

– **Cr 77.** Calcaire massif beige foncé (packstone), avec petits cailloux noirs et multicolores (aspect micro-bréchique), quelques débris de Gastéropodes et rares Charophytes (*Clavator reidi*).

– **Cr 78.** Marne gris-verdâtre à cailloux noirs et multicolores, ainsi que microfossiles de la Cénozone continentale M1b. Charophytes : *Hemiglobator praecursor*, *Perimneste horrida*, *Perimneste micrandra*, *Clavator reidi* (thalles), *Flabellochara grovesi* (thalles), *Porochara maxima*, *Porochara jaccardi*. Ostracodes : *Cypridea* sp., *Fabanella boloniensis*. Gastéropodes : *Provalvata helicoides*, *Gyraulus loryi*. Serpules. Dents, débris d'os et d'écailles de poissons indéterminés et dents broyeuses de Pycnodontidés (Téléostéens/Actinoptérygiens).

– **Cr 79 à 82.** Calcaires massifs gris-beige clair (mudstone-wackestone). Partie inférieure (Cr 79 à 81) avec *bird's eyes*. Partie supérieure (Cr 81-82) à petits intraclastes, Ostracodes (Fabanelles), Serpules, petits ooides de milieu lagunaire, quelques petits cailloux noirs.

– **Cr 83.** Marne gris-verdâtre.

– **Cr 84-85.** Calcaire massif gris (wackestone-mudstone), avec gros intraclastes micritiques ferrugineux (Cr 84), quelques très petits cailloux noirs, Charophytes (*Nodosoclavator bradleyi*, thalles de *Clavator reidi*), Ostracodes (*Cypridea* sp.), fissures de dessiccation très développées (Cr 84) et *bird's eyes* (Cr 85).

– **Cr 86.** Marne grise conglomératique à petits cailloux noirs et galets multicolores, ainsi que microfossiles laguno-lacustres de la Cénozone continentale M1b. Charophytes : *Perimneste horrida*, *Nodosoclavator bradleyi*, *Clavator reidi*, *Flabellochara grovesi*, *Porochara maxima*, *Porochara jaccardi*, *Porochara fusca*. Ostracodes : *Cypridea dunkeri carinata*, *Cypridea tumescens praecursor*, *Theriosynoecum*

forbesii forbesii, *Darwinula leguminella*, *Mantelliana purbeckensis*, *Fabanella boloniensis*. Gastéropodes : *Gyraulus loryi*.

– **Cr 87-88.** Calcaire massif gris (packstone-wackestone) à Serpules, *bird's eyes*, petits cailloux noirs et multicolores, débris coquilliers d'Ostracodes et de Gastéropodes.

– **Cr 89 à 92.** Calcaires marneux feuilletés (mudstone) et marnes gris-beige. Superbes tapis algaires à laminations très apparentes (Cr 89, 91) soulignés parfois par des particules telles que petits cailloux noirs et multicolores, petits ooides micritisés, fins débris coquilliers d'Ostracodes et de Gastéropodes (action adhésive des mucilages algaires). Le premier niveau marneux (Cr 90) a livré des microfossiles laguno-lacustres et marins (lagon restreint), ainsi que des pseudomorphoses calcitiques de microcristaux de gypse (évaporites). Charophytes : *Porochara jaccardi*. Ostracodes : *Fabanella boloniensis*. Gastéropodes : *Gyraulus loryi*. Dents broyeuses de Pycnodontidés (poissons durophages Téléostéens/Actinoptérygiens). Foraminifères benthiques : "*Siphovulvulina*" sp.

– **Cr 93 à 95.** Calcaires massifs beige-jaunâtre (mudstone-packstone), avec petits intraclastes micritiques, débris d'Ostracodes et de Charophytes. Partie sommitale (Cr 95) d'aspect microbréchique et poreux, avec texture effacée et recristallisée (dolomitisation secondaire).

– **Cr 96 à 99.** Bancs calcaires massifs beige clair (wackestone) à *bird's eyes* et fissures de dessiccation (Cr 97 à 99), cailloux noirs (Cr 99) et galets multicolores (surface du banc Cr 99 correspondant à une brèche conglomératique à gros galets noirs), Charophytes (*Porochara jaccardi*, thalles de *Clavator reidi*), Serpules, Ostracodes (Fabanelles, *Cypridea* sp.).

– **Cr 100.** Marne verte à microfossiles de la Cénozone continentale M2. Charophytes : *Hemiglobator protoincrassatus*, *Perimneste horrida*, *Perimneste micrandra*, *Nodosoclavator bradleyi*, *Clavator reidi*, *Flabellochara grovesi*, *Porochara jaccardi*, *Porochara fusca*. Ostracodes : *Cypridea dunkeri carinata*, *Cypridea tumescens tumescens*, *Cypridea tumescens praecursor*, *Fabanella boloniensis*. Gastéropodes : *Maillardinus sanctusclaudius*, *Bithynia sautieriana*, *Provalvata helicoides*, *Provalvata sabaudiensis*, *Gyraulus loryi*. Dents de Pycnodontidés (poissons durophages Téléostéens/Actinoptérygiens).

– **Cr 101.** Calcaire massif beige clair (packstone) à petits intraclastes, pellets, fins débris de Lamellibranches (Ostréides), petits ooides et oncoïdes micritisés et ferruginisés (taches de couleur rouille), Foraminifères benthiques (petits Lituolidés : *Feurtilia frequens*), Charophytes remaniées (*Porochara jaccardi*, thalles de *Clavator reidi*), rares petits cailloux noirs.

– **Cr 102-103.** Calcaire marneux gris foncé (mudstone) avec très fins débris charbonneux.

1.14.3. Formation de Pierre-Châtel

1.14.3.1. Unité Inférieure Oolithique (U. I. O., très réduite ici et correspondant à un faciès de lagon restreint – barre sableuse envasée – remaniant le sommet du Purbeckien)

– **Cr 104 à 106.** Bancs de calcaires massifs (packstone-wackestone) gris foncé à taches ferrugineuses, avec nombreux petits Lituolidés (*Feurtillia frequens*, en accumulation dans le banc Cr 104), rares Miliolles, petits oncoïdes, Dasycladacées (Salpingoporelles), débris coquilliers micritisés de Lamellibranches (petits Ostréides), quelques intraclastes, pellets.

– **Cr 107 à 110 et 112.** Bancs de calcaires massifs ou marneux (Cr 112) oolithiques (packstone), de couleur gris foncé à taches ferrugineuses, avec ooides marins micritisés, glauconie (Cr 106-107, 112), petits oncoïdes (abondants dans le banc Cr 110) et intraclastes, débris coquilliers de Lamellibranches (petits Ostréides plus ou moins entiers) et de Gastéropodes (Nérinées), Foraminifères benthiques (Miliolles, *Feurtillia frequens*, Nautiloculines), bioturbations et Charophytes remaniées (Cr 112), Ostracodes.

– **Cr 111.** Marne gris-verdâtre avec microfossiles marins et laguno-lacustres des Cénozones continentales M3 (remaniée) et M4. Charophytes (remaniées) : *Hemiglobator maillardi*, *Perimneste horrida*, *Clavator reidi*, *Porochara jaccardi*. Ostracodes (en partie remaniés) : *Cypridea granulosa fasciculata*, *Cypridea gr. tumescens*, *Bisulcocypis dilatata*, *Septacandona eocretacea*, *Fabanella boloniensis*, *Eoparacypris weedonensis*, *Macrodentina (Dictyocythere) mediostricta transfuga*, *Paranotacythere favulata*. Gastéropodes : *Provalvata helicoides*, *Ptychostylus harpaeformis*, *Proauriculastra dubisiensis*, *Gyraulus loryi*. Lamellibranches : petits Ostréides. Foraminifères benthiques : *Feurtillia frequens*, “*Siphovalvulina*” sp.

– **Cr 113.** Marne gris-verdâtre foncée avec gros fragments de lignite et intéressante palynoflore continentale de spores et pollens [échantillon Cr 74 in Médus et Mojon, 1991] : *Biaïlés*, *Cicatricosisporites striatus*, *Cerebropollenites macroverrucosus*, *Cerebropollenites mesozoicus*, *Classopollis torosus*, *Densoisporites microrugulatus*, *Eucomiidites troedssonii*, *Gleicheniidites senonicus*, *Inaperturopollenites giganteus*, *Leiotriletes* sp., *Spheripollenites psilatus*, *Staplinisporites caminus*, *Converrucosisporites proxigranulatus*, autres spores et pollens divers (dont des pollens de type angiospermien proches de ceux des Monocotylédones). Dinokystes marins (rares).

1.14.3.2. Unité Moyenne Calcaire Massive (U. M. C. M., Marbre bâtard, faciès de lagon marin à restreint)

– **Cr 114 à 117.** Bancs calcaires massifs gris-beige foncé (wackestone) à Trocholines (*T. gr. alpina-elongata*, Cr 116-117), Miliolles, petits oncoïdes, Dasycladacées

(*Clypeina jurassica*), ooides micritisés. Bancs Cr 114-115 d'aspect noduleux et très délitables (surtout Cr 114), avec débris de Lamellibranches (Ostréides) et d'Échinodermes, Charophytes remaniées (thalles de *Clavator reidi*), pyrite (milieu de dépôt anoxique, couleur originelle gris foncé à beige-jaunâtre par altération). Le banc Cr 114 a livré un fragment d'Ammonite (*Berriasella* cf. *privasensis* ; dét. comm. écrite R. Busnardo et G. Le Hégarat, 1988 ; collecté par A. Waehry et conservé au Museum d'Histoire naturelle de Genève) et des valves entières de petits Pectinidés (Lamellibranches).

– **Cr 118 à 138.** Bancs calcaires massifs et marno-calcaires de couleur claire (aspect blanchâtre) grise à beige. Packstone à wackestone (Cr 125, 132, 134, 137, 138), parfois mudstone (Cr 127 avec superbes thalles de *Clypeina jurassica*), avec oncoïdes abondants (Cr 124 composé d'un beau faciès ferrugineux à gros oncoïdes centimétriques), Dasycladacées (Clypéines, Salpingoporelles), Foraminifères benthiques (Trocholines : *T. gr. alpina-elongata*, Miliolles, Ataxophragmiidés, Lituolidés : *Pseudocyclammina lituus*, *Nautiloculina cretacea*), débris coquilliers divers (Lamellibranches/Ostréides, Gastéropodes/Nérinées, Brachiopodes, Échinodermes), présence de *bird's eyes* et de Lamellibranches fouisseurs en colonies (Cr 132 avec Pholadomyacés), petites Nérinées (Cr 119 à faciès ferrugineux), ooides micritisés, petits intraclastes. Partie inférieure du banc Cr 130 avec stratifications entrecroisées (rides de courant) sur 20 cm d'épaisseur, bancs Cr 128-129 très fracturés.

1.15. Description de la coupe du Salève (fig. 31)

Coupe étudiée en détail et publiée par Strasser [1988a]. Échantillons d'intérêt paléocéologique et biostratigraphique cités par Mojon [1988a].

Les faciès émergifs marno-calcaires du Purbeckien du Salève sont de couleur grise à beige en général assez foncée et présentent une sédimentation cyclique. Ce Purbeckien se différencie nettement des formations qui l'encadrent. Celles-ci présentent des bancs calcaires plutôt massifs de couleur plus claire (blanchâtre) avec des faciès à dominance marine, bioclastiques et oolithiques (lagons marins à restreints peu profonds), constituant la Formation des Etiollets [Deville, 1990, in Enay et Boullier, 2000] et les Tidalites de Vouglans (“Portlandien”/Tithonien, Jurassique terminal) ainsi que la Formation de Pierre-Châtel (Crétacé basal). Le premier banc de la Formation de Pierre-Châtel indique le retour à un régime marin franc et présente des mégarides décimétriques de courant (barre oolithique subtidale de haute énergie).

Dans la partie basale des Tidalites de Vouglans, une première émergence est représentée par des bancs calcaires à microfossiles laguno-lacustres observables en lames-minces (échantillons S 21 et S 24).

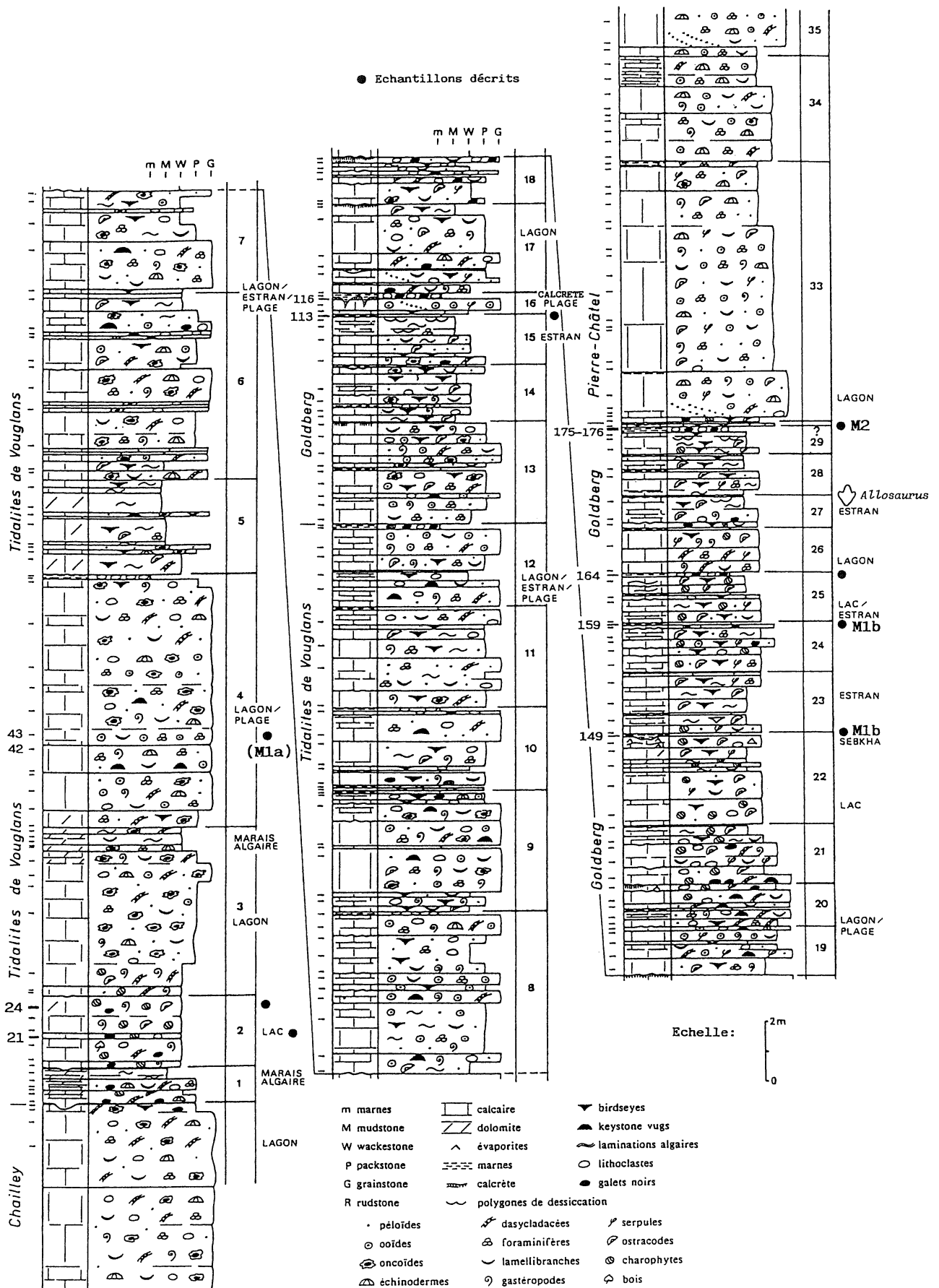


FIG. 31.— Coupe du Salève (Jura français méridional). Levé, interprétation sédimentologique et analyse séquentielle d'après Strasser [1988a, modifié] ; éléments biostratigraphiques et de datation d'après Mojon [1988a].

– **S 21.** micrite grise à Charophytes (gyrogonites de *Porochara fusca*), Ostracodes (*Fabanella boloniensis*) et Gastéropodes (*Provalvata* sp.).

– **S 24.** micrite beige à forte dolomitisation secondaire (rhomboèdres de dolomite), Charophytes (thalles de *Clavator reidi*) et Ostracodes (*Fabanella boloniensis*).

Un peu plus haut, un dépôt de plage à *keystone vugs* (éch. **S 42-43**) contient une riche association de Foraminifères benthiques : *Anchispirocyclina lusitanica* (formes dominantes), *Trocholina* gr. *alpina-elongata*, Ataxophragmiidés (“Valvulines”), *Pseudocyclammina* sp., “*Conicospirillina*” *basiliensis*, *Lenticulina* (*Lenticulina*) gr. *muensteri*, Miliolidés divers.

Cet intéressant assemblage caractérisé par l’abondance de *A. lusitanica* représente l’équivalent marin de la Cénozone continentale M1a, qui est reportée pour cette raison entre parenthèses.

Enfin, au niveau du Purbeckien, certains horizons marneux de couleur gris-verdâtre ont livré des associations d’organismes laguno-lacustres des Cénozones continentales M1b (éch. S 149 et S 159) et M2 (éch. S 175-176), ainsi que quelques microfossiles marins (éch. S 113 et S 175-176).

– **S 113.** Charophytes : *Nodosoclavator bradleyi*, *Porochara jaccardi*. Ostracodes : *Mantelliana purbeckensis*, *Fabanella boloniensis*. Gastéropodes : *Juramelanatria rugosa*, *Provalvata helicoides*, *Provalvata sabaudiensis*. Foraminifères benthiques *Trocholina* gr. *alpina-elongata*.

– **S 149.** Charophytes : *Hemiglobator praecursor*, *Perimneste horrida*, *Dictyoclavator fieri*, *Nodosoclavator bradleyi*, *Porochara jaccardi*. Ostracodes : *Cypridea tumescens praecursor*, *Fabanella boloniensis*.

– **S 159.** Charophytes : *Hemiglobator praecursor*, *Dictyoclavator fieri*, *Nodosoclavator bradleyi*, *Clavator reidi*, *Porochara jaccardi*. Ostracodes : *Fabanella boloniensis*

– **S 164.** Charophytes : *Perimneste horrida*, *Nodosoclavator bradleyi*, *Porochara jaccardi*, *Porochara fusca*, *Mesochara stipitata* [= *M. harrisi* dans Mojon, 1988a]. Ostracodes : *Cypridea* gr. *tumescens*, *Theriosynoecum forbesii forbesii*, *Bisulcocypripis dilatata*, *Fabanella boloniensis*. Lamellibranches de milieu lagunaire saumâtre : *Neomiodon* sp.

Au niveau du **banc S 169**, il faut signaler en outre une remarquable empreinte tridactyle de Dinosaurien attribuée au genre *Allosaurus* [Mojon, 2001] et qui a fait l’objet d’un article de presse [Favre, 2001].

– **S 175-176.** Charophytes : *Hemiglobator protoincrasatus*, *Perimneste horrida*, *Nodosoclavator bradleyi*, *Clavator reidi*, *Porochara jaccardi*, *Porochara fusca*, *Mesochara stipitata* [= *M. harrisi* dans Mojon, 1988a]. Ostracodes : *Cypridea dunkeri carinata*, *Cypridea* gr. *tumescens*, *Theriosynoecum forbesii forbesii*, *Septacandona eocretacea*, *Fabanella boloniensis*. Gastéropodes : *Hydrobia chopardiana*, *Provalvata helicoides*, *Proauriculastra dubisiensis*, *Gyraulus loryi*.

Foraminifères benthiques : *Trocholina* gr. *alpina-elongata*, Ataxophragmiidés. Dasycladacées : *Clypeina jurassica*. Débris d’Echinodermes (Crinoïdes). Dents broyeuses de Pycnodontidés (poissons Téléostéens/Actinoptérygiens).

1.16. Description de la coupe de la carrière du Val de Fier ouest (fig. 32)

Coupe étudiée par Donze [1958, 1973a]. Échantillons VFop 1 à 8.

La coupe de la carrière de Val de Fier ouest débute par une vingtaine de mètres de calcaires massifs en gros bancs métriques de couleur claire, caractérisés par des faciès de lagon restreint à oncoïdes, Dasycladacées et petits Foraminifères benthiques. Ces calcaires sont attribuables à la Formation des Tidalites de Vouglans (“Portlandien”/Tithonien, Jurassique terminal). Au-dessus, l’épaisseur totale des faciès de type purbeckien est très importante et atteint plus de 90 m, ces dépôts ayant été affectés à cet endroit par une très forte subsidence. Toutefois, seule la partie supérieure s’est avérée suffisamment fossilifère pour être datée précisément et a donc fait l’objet d’un levé détaillé sur environ 18 m.

1.16.1. Purbeckien (faciès d’estrans à intercalations laguno-lacustres et marines)

Il s’agit d’une épaisse série de gros bancs métriques de calcaires massifs de couleur plus foncée beige à grise, avec une vingtaine d’intercalations laguno-lacustres de brèches conglomeratiques à marnes vertes ou grises avec cailloux et gros galets noirs ou multicolores. Les faciès de la série non levée et non représentée ici comprennent des faciès de lagon restreint à Dasycladacées et petits Foraminifères benthiques, ou oolithiques à petits ooides de milieu lagunaire saumâtre, ainsi que des faciès d’estrans à tapis algaires et *bird’s eyes*.

1.16.1.1. Partie indifférenciée (non attribuable précisément aux Marnes à gypse ou aux Couches nymphéennes)

Dans la partie non comprise par le levé de coupe, le premier échantillon fossilifère a été prélevé environ 88 m au-dessous du sommet du Purbeckien (éch. **VFop - 88 m**) et a livré quelques organismes laguno-lacustres. Charophytes : *Porochara* sp. Gastéropodes (débris) : opercules de *Cyclophoroidea*, *Loriolina loryana*, *Provalvata helicoides*, *Gyraulus loryi*. Un second échantillon pris environ 48 m plus haut (éch. **VFop - 40 m**) contenait des gyrogonites de *Porochara fusca*, alors qu’un troisième échantillon situé encore environ 8 m au-dessus (éch. **VFop - 32 mètres**) a livré de nombreux débris de Gastéropodes. Enfin, un quatrième et dernier échantillon placé à 30 m environ au-dessous

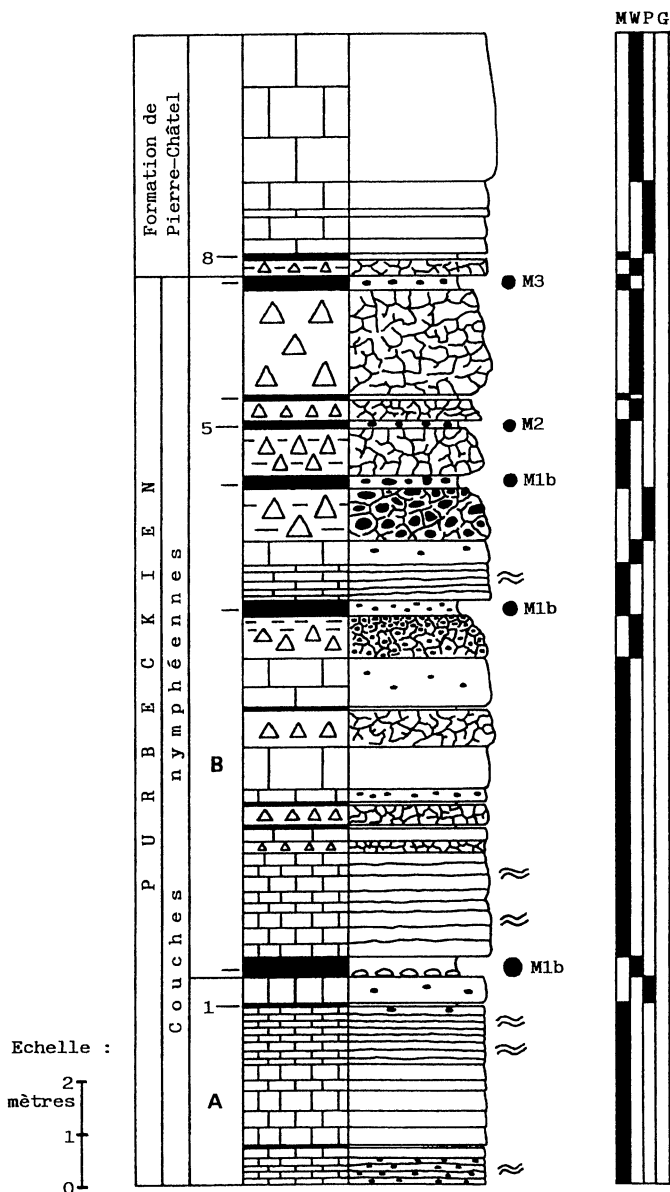


FIG. 32.- Levé de la coupe du Val de Fier ouest (Jura français méridional).

du sommet du Purbeckien (éch. VFop – 30 m) a fourni des microfossiles laguno-lacustres. Charophytes : *Porochara fusca*. Ostracodes : *Bisulcocypis dilatata*, *Darwinula leguminella*, *Mantelliana purbeckensis*.

1.16.1.2. Couches nymphéennes

Unité A (faciès d'estran à dominance lagunaire saumâtre)

Après une zone faillée et tectonisée représentant environ 5 m, le levé de coupe débute par des faciès d'estran à tapis algaires contenant localement de petits cailloux noirs et des gyrogonites de *Porochara* spp. Dans sa partie sommitale, l'Unité A présente deux bancs calcaires à Charophytes, Ostracodes, Gastéropodes,

Serpules, *bird's eyes*, oncoïdes et cailloux noirs encadrant un mince niveau de marne beige (VFop 1) à microfossiles laguno-lacustres. Charophytes : *Porochara fusca*. Ostracodes : *Fabanella boloniensis*. Dents broyeuses de Pycnodontidés (poissons Téléostéens/Actinoptérygiens).

Unité B (faciès d'estran bréchifiés à dominance laguno-lacustre et influences marines)

L'Unité B débute par une surface à gros lithoclastes ("galets mous") et un niveau épais de marne beige (VFop 2) à microfossiles laguno-lacustres de la Cénozone continentale M1b. Charophytes : *Hemiglobator praecursor*, *Perimneste horrida*, *Perimneste micrandra*, *Dictyoclavator fieri* (localité-type), *Nodosoclavator bradleyi*, *Clavator reidi*, *Porochara maxima*, *Porochara jaccardi*, *Porochara fusca*. Ostracodes : *Cypridea tumescens praecursor*, *Cypridea mirabilis*, *Mantelliana purbeckensis*, *Fabanella boloniensis*, *Eoparacypris weedonensis*. Gastéropodes : opercules de *Cyclophoroidea*. Vertébrés : dents broyeuses de Pycnodontidés (poissons Téléostéens/Actinoptérygiens).

Plus haut, la coupe se poursuit par des faciès à tapis algaires et *bird's eyes*, ainsi que par des bancs souvent bréchifiés (injectés de marnes grises à verdâtres) avec quelques cailloux noirs et de minces niveaux de marnes grisâtres.

L'échantillon VFop 3 correspond à un niveau marneux important de marne gris foncé à cailloux noirs et multicolores, avec microfossiles laguno-lacustres de la Cénozone continentale M1b. Charophytes : *Hemiglobator praecursor*, *Perimneste horrida*, *Perimneste micrandra*, *Dictyoclavator fieri*, *Nodosoclavator bradleyi*, *Clavator reidi*, *Porochara jaccardi*. Ostracodes : *Fabanella boloniensis*. Gastéropodes : *Gyraulus loryi*. Dents broyeuses de Pycnodontidés (poissons Téléostéens/Actinoptérygiens).

Après encore quelques bancs à tapis algaires, *bird's eyes* et quelques cailloux noirs, la partie sommitale du Purbeckien est constituée par une succession de bancs très bréchifiés et injectés par les niveaux marneux qui les recouvrent. Il faut signaler ici que ces niveaux marneux contiennent de gros grains arrondis de quartz détritique (VFop 4 à 7), dont certains sont limpides et présentent parfois des inclusions de rutile (VFop 5). Ces grains de quartz détritique issus de massifs cristallins anciens démontre l'existence au Crétacé basal de terres émergées proches de l'aire du Jura méridional. Les microfaciès des bancs bréchifiés présentent une forte influence marine (lagon restreint) caractérisés notamment par de petits Foraminifères benthiques et des Dasycladacées.

L'échantillon VFop 4 correspond à une marne grise à microfossiles laguno-lacustres et marins se rapportant à la Cénozone continentale M1b. Charophytes : *Hemiglobator praecursor*, *Perimneste horrida*,

Perimneste micrandra, *Clavator reidi*, *Porochara jaccardi*. Ostracodes : *Cypridea dunkeri carinata*, *Cypridea tumescens praecursor*, *Bisulcocypris dilatata*, *Septacandona eocretacea*, *Fabanella boloniensis*. Gastéropodes : *Bithynia sautieriana*, *Hydrobia chopardiana*, *Maillardinus sanctusclaudius*, opercules de *Cyclophoroidea*, *Provalvata helicoides*, *Proauriculastra dubisiensis*, *Juramelanatria rugosa*, *Provalvata helicoides*, *Provalvata sabaudiensis*, *Ceritellopsis complacita*, *Ptychostylus harpaeformis*, *Proauriculastra dubisiensis*, *Gyraulus loryi*. Foraminifères benthiques : *Nautiloculina* cf. *oolithica*, "*Siphovalvulina*" sp., *Trocholina* gr. *alpina-elongata*, Miliolidés. Débris d'Échinodermes (Crinoïdes). Ce niveau marneux à nombreux cailloux noirs injecte très profondément le banc bréchifié sous-jacent pour constituer une véritable brèche conglomératique. Le microfaciès du banc bréchifié indique un début d'ingression marine et est caractérisé essentiellement par des organismes marins de lagon restreint (petits Foraminifères benthiques, Dasycladacées, petits oncoïdes, Gastéropodes et coprolithes de Favréines).

Au-dessus, le banc bréchifié suivant correspond à un faciès d'estran à tapis algaires et *bird's eyes*. Ce banc bréchifié est recouvert par un niveau de marne foncée gris-verdâtre (VFop 5) à nombreux cailloux noirs ainsi que microfossiles laguno-lacustres et marins se rapportant à la Cénozone continentale M2. Charophytes : *Hemiglobator praecursor* (remaniés), *Hemiglobator protoincrassatus*, *Perimneste horrida*, *Perimneste micrandra*, *Clavator reidi*, *Flabellochara grovesi*, *Porochara jaccardi*. Ostracodes : *Cypridea dunkeri carinata*, *Cypridea tumescens tumescens*, *Cypridea tumescens praecursor*, *Fabanella boloniensis*. Gastéropodes : *Maillardinus sanctusclaudius*, opercules de *Cyclophoroidea*, *Juramelanatria rugosa*, *Provalvata helicoides*, *Proauriculastra dubisiensis*, *Prophysa bristovii*, *Gyraulus loryi*. Lamellibranches saumâtres : *Neomiodon* sp. Serpules. Foraminifères benthiques : *Nautiloculina* cf. *oolithica*, "*Siphovalvulina*" sp., *Trocholina* gr. *alpina-elongata*. Débris d'Échinodermes (Crinoïdes).

Plus haut, une influence marine importante continue de se maintenir jusqu'au sommet du Purbeckien, dont les derniers bancs bréchifiés sont caractérisés par de petits Foraminifères benthiques, des Dasycladacées et des débris d'Ostréides. Dans la partie inférieure de ces bancs, un mince niveau de marne grise (VFop 6) a permis de récolter quelques microfossiles laguno-lacustres et marins. Charophytes : *Clavator reidi*, *Porochara jaccardi*. Ostracodes : *Fabanella boloniensis*, *Eoparacypris weedonensis*. Foraminifères benthiques : *Nautiloculina* cf. *oolithica*, *Lenticulina* (*Lenticulina*) gr. *muensteri*, *Trocholina* gr. *alpina-elongata*, Miliolidés.

Enfin, le dernier niveau marneux du Purbeckien (marne gris-verdâtre à cailloux noirs, VFop 7) est épais et a livré des microfossiles laguno-lacustres et marins se rapportant à la Cénozone continentale M3. Charophytes : *Hemiglobator maillardi*, *Perimneste horrida*, *Perimneste micrandra*, *Nodosoclavator bradleyi*,

Clavator reidi, *Flabellochara grovesi*, *Porochara maxima*, *Porochara jaccardi*. Ostracodes : *Cypridea tumescens praecursor*, *Fabanella boloniensis*, *Eoparacypris weedonensis*, *Valendocythere emslandensis*. Gastéropodes : *Hydrobia chopardiana*, *Maillardinus sanctusclaudius*, opercules de *Cyclophoroidea*, *Juramelanatria rugosa*, *Provalvata helicoides*, *Provalvata sabaudiensis*, *Ceritellopsis complacita*, *Ptychostylus harpaeformis*, *Proauriculastra dubisiensis*, *Gyraulus loryi*. Foraminifères benthiques : *Feurtillia frequens*, *Lenticulina* (*Lenticulina*) gr. *muensteri*. Dents broyeuses de Pycnodontidés (poissons Téléostéens/Actinoptérygiens). Débris d'Échinodermes (Crinoïdes).

1.16.2. Formation de Pierre-Châtel (faciès de lagon restreint lagunaire saumâtre à marin)

La base de la Formation de Pierre-Châtel est constituée d'un petit banc bréchifié marno-calcaire et d'un mince niveau marneux, tous deux de couleur jaunâtre. Le niveau marneux (VFop 8) a livré des microfossiles de milieu lagunaire saumâtre et marin se rapportant à la Cénozone continentale M4. Ostracodes : *Eoparacypris weedonensis*, *Macrodentina* (*Dictyocythere*) *mediostriata transfuga*, *Valendocythere emslandensis*. Foraminifères benthiques : *Feurtillia frequens*, "*Siphovalvulina*" sp., *Lenticulina* (*Lenticulina*) gr. *muensteri*, *Trocholina* gr. *alpina-elongata*, Miliolidés.

Après ce dernier épisode émersif, la Formation de Pierre-Châtel est représentée par des bancs calcaires massifs de lagon marin, avec Foraminifères benthiques (Trocholines, Ataxophragmiidés, Miliolés, Pseudocyclammes et Nautiloculines), Dasycladacées, débris coquilliers divers (Mollusques, Echinodermes), petits oncoïdes et pellets.

Pour terminer, il est important de relever que le faciès caractéristique de l'Unité Inférieure Oolithique n'est pas représenté dans la coupe de Val de Fier ouest où il est directement remplacé par le faciès Marbre bâtard de l'Unité Moyenne Calcaire Massive.

1.17. Description de la coupe du Bourdeau (fig. 33 ; échantillons Bd 1 à 79)

1.17.1. Purbeckien

Couches nymphéennes (partie supérieure, faciès de lagon restreint saumâtre à estran avec intercalations laguno-lacustres et paléosols remaniés).

– **Bd 1.** Calcaire massif (mudstone-wackestone) beige-verdâtre à cailloux noirs et multicolores, petits oïdes de type lagunaire saumâtre, pellets, débris coquilliers

(Lamellibranches, Brachiopodes, Échinodermes), Miliolites, fissures de dessiccation.

– **Bd 2.** Brèche conglomératique à petits cailloux noirs et multicolores, injectée de marne verte.

– **Bd 3-4.** Calcaire massif gris (packstone-wackestone) à Dasycladacées (Salpingoporelles), gros oncoïdes, rares cailloux noirs, pellets, intraclastes micritiques, débris coquilliers recristallisés (Mollusques), Ostracodes, Trocholines (petites *Trocholina elongata*), Miliolites, *bird's eyes*.

– **Bd 5 à 7.** Calcaires massifs (wackestone) gris à brun clair (Bd 7), avec Miliolites, Trocholines, débris de Gastéropodes, Dasycladacées, quelques ooides de type lagunaire, pellets, quelques cailloux noirs et multicolores (intraclastes micritiques et calcrête remanié, Bd 7), nombreux *bird's eyes*.

– **Bd 8 à 10.** Calcaires massifs brun clair (packstone) à débris de Gastéropodes, Serpules, quelques Miliolites, cailloux noirs et multicolores, ooides de type lagunaire, pellets, *bird's eyes*.

– **Bd 11.** Brèche conglomératique en “poches” irrégulières et marne verte. Gros galets noirs (jusqu’à 10 cm) et multicolores (jusqu’à 30 cm, banc Bd 10 remanié et calcrétisé, de couleur brun clair).

– **Bd 12 à 14.** Calcaires massifs (packstone-mudstone) brun clair à gris (Bd 14), avec Miliolites, ooides de type lagunaire (parfois en agglomérats de type grapestone), Gastéropodes, petits intraclastes et oncoïdes, rares cailloux noirs (Bd 12, 14), Dasycladacées (*Clypeina jurassica*), Cyanophycées (*Cayeuxia* sp.), rares Serpules, pellets, pédogénèse (calcrétisation). Partie supérieure des bancs Bd 12-14 et banc Bd 13 de type mudstone avec laminations algaires, *bird's eyes* et fissures de dessiccation périodique.

– **Bd 15-16.** Calcaire massif brun clair (packstone-wackestone), avec Miliolites, Ataxophragmiidés, Dasycladacées (Clypéines, Salpingoporelles), petits oncoïdes, ooides de type lagunaire, petits cailloux noirs et multicolores, Ostracodes (Fabanelles), quelques Serpules, débris de Gastéropodes, pellets et nombreux *bird's eyes* au sommet du banc (Bd 16).

– **Bd 17-18.** Calcaire brun clair (wackestone-mudstone) très bréchifié et raviné, avec marne verte injectée, *bird's eyes*, ooides de type lagunaire, pellets et quelques Miliolites. Partie supérieure du banc (Bd 18) constituée d’un mudstone à traces de pédogénèse (rhizolithes, calcrétisation).

– **Bd 19.** Brèche conglomératique et marne verte. Gros galets noirs et multicolores (packstone brun foncé) avec Miliolites, Ataxophragmiidés, Serpules, Gastéropodes, coprolithes de *Favreina salevensis*, petits oncoïdes, ooides de type lagunaire, intraclastes, quelques petits cailloux noirs et pédogénèse très développée (rhizolithes et calcrétisation avec injections de marne verte).

– **Bd 20-21.** Calcaire massif beige (packstone à mudstone, Bd 21), avec pellets, Miliolites, Gastéropodes,

Serpules, nombreux cailloux noirs et multicolores, fissures de dessiccation.

– **Bd 22-23.** Calcaires massifs beiges (packstone) à ooides de type lagunaire, Miliolites, Ataxophragmiidés, Gastéropodes, Dasycladacées (Clypéines), petits oncoïdes, quelques cailloux noirs et multicolores. Partie supérieure du banc Bd 23 bréchifiée et calcrétisée avec rhizolithes (traces de petites racines) et fissures de dessiccation.

– **Bd 24.** Brèche conglomératique à cailloux noirs et multicolores. Un peu de marne verte.

– **Bo 25-26.** Calcaires massifs brun clair (wackestone-mudstone) à petits cailloux noirs et multicolores, rares Gastéropodes, fissures de dessiccation et pédogénèse au sommet du banc Bd 26 (calcrétisation).

– **Bd 27.** Brèche conglomératique et marne verte. Cailloux noirs et galets multicolores (intraclastes brunâtres mesurant jusqu’à 15 cm, packstone à petits cailloux noirs et multicolores avec pédogénèse/calcrétisation).

– **Bd 28-29.** Calcaire massif gris foncé (packstone-mudstone). Partie inférieure du banc (Bd 28) microbréchique à cailloux noirs et multicolores (intraclastes calcrétisés). Partie supérieure (Bd 29) avec quelques Charophytes (gyrogonites de *Porochara jaccardi*, thalles de *Clavator reidi*), carapaces et valves d’Ostracodes, débris de Gastéropodes.

– **Bd 30.** Calcaire massif beige foncé (mudstone) avec quelques petits cailloux noirs, bioturbations, *bird's eyes* et fissures de dessiccation périodique.

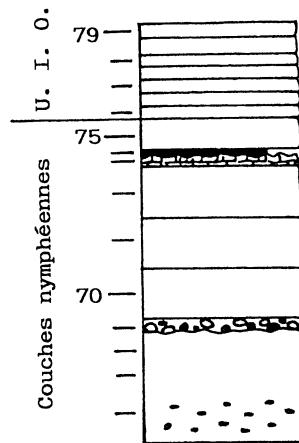
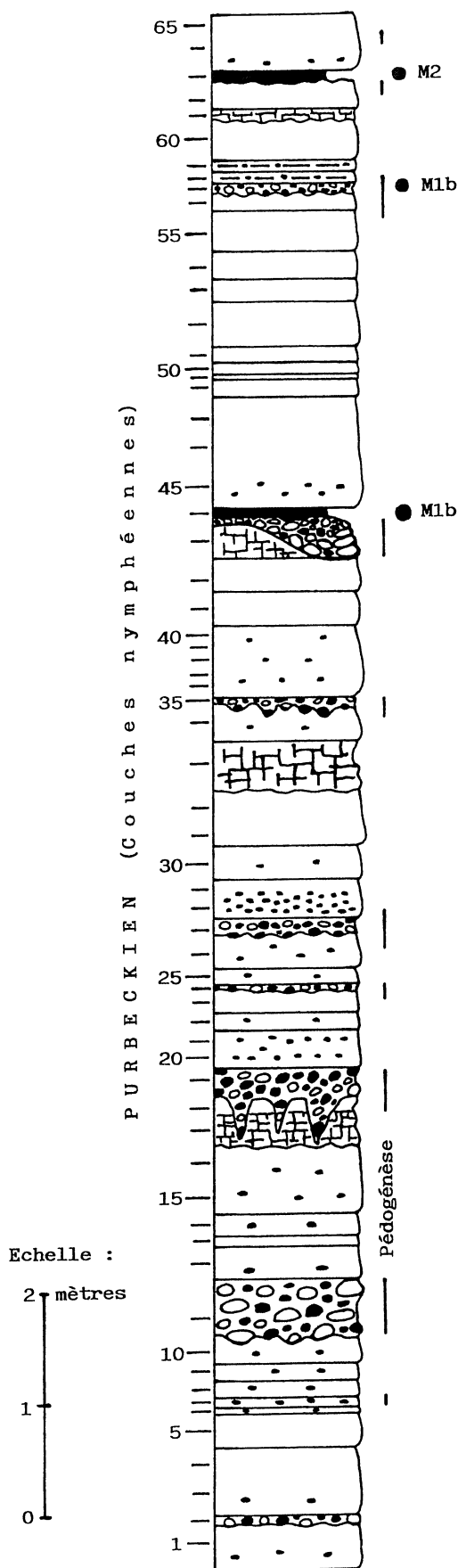
– **Bd 31-32.** Calcaire massif beige (mudstone-packstone). Partie inférieure du banc (mudstone, Bd 31) avec laminations algaires, *bird's eyes* et Charophytes (*Porochara jaccardi*). Partie supérieure (packstone-wackestone, Bd 32) légèrement bioturbée avec ooides de type lagunaire, Ataxophragmiidés, Dasycladacées (Clypéines), coprolithes de Crustacés (Favréines), Ostracodes (Fabanelles), petits intraclastes et pellets.

– **Bd 33.** Calcaire bréchifié beige (mudstone-packstone). Partie inférieure du banc avec *bird's eyes* et fissures de dessiccation (mudstone). Partie supérieure (packstone) à ooides de type lagunaire, Ataxophragmiidés, coprolithes de Favréines, débris de Gastéropodes, Ostracodes (Fabanelles), petits intraclastes micritiques, pellets.

– **Bd 34.** Calcaire massif beige foncé (grainstone) à intraclastes micritiques (mudstone), quelques petits cailloux noirs, débris coquilliers, ciment sparitique équigranulaire d’eau douce et pédogénèse (calcrétisation).

– **Bd 35.** Brèche conglomératique “en poches” irrégulières et marne verte. Cailloux noirs et gros galets multicolores (intraclastes jusqu’à 10 cm, packstone beige microbréchique à petits cailloux noirs et multicolores ainsi que débris de Gastéropodes).

– **Bd 36 à 40.** Calcaire massif gris à beige (wackestone-packstone). Partie inférieure du banc (Bd 36 à 38) avec



ooides de type lagunaire, petits cailloux noirs et multicolores, débris de Gastéropodes, Foraminifères benthiques (petites *Trocholina elongata*, rares Lenticulines et petits Lituolidés : *Feurtillia frequens*), débris d'Echinodermes. Partie supérieure (Bd 39-40) à rares cailloux noirs, petits intraclastes micritiques, Charophytes (*Porochara jaccardi*), Ostracodes (Fabanelles).

– **Bd 41-42.** Calcaire massif beige (packstone) avec Charophytes (*Porochara jaccardi*, thalles de *Clavator reidi*), Gastéropodes, petits intraclastes, fissures de dessiccation (Bd 41).

– **Bd 43.** Calcaire brun clair très bréchifié (wackestone) et calcrétisé passant localement à une brèche conglomératique à galets noirs et gros intraclastes multicolores (jusqu'à 20 cm). Faciès à Charophytes (*Porochara jaccardi*, *Perimneste horrida*, *Hemiglobator praecursor*, thalles de *Clavator reidi*), fissures de dessiccation périodique et rhizolithes. Certains galets noirs sont calcrétisés et présentent également un faciès lacustre à Charophytes et Gastéropodes.

– **Bd 44.** Marne brunâtre à débris charbonneux et microfossiles laguno-lacustres de la Cénozone continentale M1b. Charophytes : *Hemiglobator praecursor*, *Perimneste horrida*, *Perimneste micrandra*, *Nodosoclavator bradleyi*, *Clavator reidi*, *Porochara fusca*. Gastéropodes : opercules de *Cyclophoroidea*, *Provalvata helicoides*, *Gyraulus loryi*, *Proauricula jaccardi*.

– **Bd 45 à 47.** Calcaire massif gris à beige (packstone-mudstone). Partie inférieure du banc (Bd 45) micro-bréchique à petits cailloux noirs et multicolores, Gastéropodes et Charophytes (*Porochara jaccardi*, *Perimneste horrida*). Partie supérieure du banc (Bd 46-47, mudstone) à fissures de dessiccation et rares Gastéropodes.

– **Bd 48 à 51.** Calcaires massifs beiges (mudstone) avec quelques bioturbations, nombreux *bird's eyes* et fissures de dessiccation périodique très développées, colmatées par de la marne verte (Bd 51).

FIG. 33.— Levé de la coupe du Bourdeau (Jura français méridional).

– **Bd 52.** Calcaire massif gris (mudstone-wackestone) avec quelques bioturbations et débris de Gastéropodes, petits oncoïdes, Dasycladacées (débris de Clypéines), rares Trocholines (petites *T. elongata*), pellets.

– **Bd 53 à 55.** Calcaires massifs gris à beige foncé (mudstone), avec *bird's eyes* (Bd 55), quelques Ostracodes (Fabanelles) et débris de Gastéropodes, fissures de dessiccation colmatées par de la marne verte et pédogénèse (rhizolithes et calcrétisation au sommet du banc Bd 55).

– **Bd 56.** Calcaire massif microbréchique brun foncé à noir (packstone), avec cailloux noirs et multicolores, Charophytes abondantes (utricules de *Perimneste horrida*, *Hemiglobator praecursor* et *Nodosoclavator bradleyi*, thalles de *Clavator reidi*), débris de Gastéropodes et pédogénèse importante (rhizolithes, calcrétisation).

– **Bd 57.** Brèche conglomératique marneuse (marne verte) à cailloux noirs et galets multicolores (faciès Bd 56 remanié). La marne verte a livré des microfossiles laguno-lacustres de la Cénozone continentale M1b. Charophytes : *Hemiglobator praecursor*, *Perimneste horrida*, *Perimneste micrandra*, *Nodosoclavator bradleyi*, *Clavator reidi*. Gastéropodes : *Provalvata helicoides*.

– **Bd 58-59.** Bancs marno-calcaires gris (packstone-mudstone) séparés par un très mince niveau marneux brunâtre. Premier banc microbréchique (Bd 58) avec petits cailloux noirs et multicolores calcrétisés, second banc (Bd 59) à laminations algaires et rares Charophytes (*Porochara jaccardi*).

– **Bd 60-61.** Calcaires de couleur grise à beige (mudstone). Premier banc marno-calcaire bréchifié (Bd 60) et second banc massif (Bd 61), avec *bird's eyes*, fissures de dessiccation colmatées par de la marne verte, Ostracodes (Fabanelles) et quelques Charophytes (thalles de *Clavator reidi*).

– **Bd 62.** Calcaire massif beige (wackestone) à *bird's eyes*, Charophytes (*Perimneste horrida*, *Hemiglobator* sp., *Nodosoclavator bradleyi*, thalles de *Clavator reidi*), Gastéropodes (*Gyraulus* sp.), Ostracodes (Fabanelles, *Cypridea* sp.), fissures de dessiccation et pédogénèse au sommet du banc (calcrétisation).

– **Bd 63.** Marne verte à petits cailloux noirs et multicolores, avec microfossiles laguno-lacustres de la Cénozone continentale M2. Charophytes : *Hemiglobator protoincrassatus*, *Perimneste horrida*, *Perimneste micrandra*, *Nodosoclavator bradleyi*, *Clavator reidi*, *Porochara jaccardi*, *Porochara fusca*. Ostracodes : *Cypridea dunkeri carinata*, *Cypridea tumescens praecursor*, *Fabanella boloniensis*. Gastéropodes : *Hydrobia chopardiana*, *Provalvata helicoides*, *Gyraulus loryi*.

– **Bd 64-65.** Calcaire massif gris (wackestone-mudstone), avec quelques petits cailloux noirs et intraclastes (Bd 64), *bird's eyes*, fissures de dessiccation, pédogénèse (calcrétisation), débris de Gastéropodes,

quelques Ostracodes (Fabanelles) et Charophytes (*Porochara jaccardi*, thalles de *Clavator reidi*).

– **Bd 66 à 68.** Calcaire massif gris (wackestone-mudstone). partie inférieure du banc (Bd 66) à petits cailloux noirs et oncoïdes, Dasycladacées (débris de Clypéines), petites Miliolles, Gastéropodes, quelques petits Ostréides, pellets. Partie supérieure (Bd 67-68, mudstone) bioturbée avec *bird's eyes*.

– **Bd 69.** Brèche conglomératique à petits cailloux noirs et gros galets multicolores (jusqu'à 10 cm, mudstone gris à rares petites Miliolles).

– **Bd 70 à 73.** Bancs calcaires de couleur grise à beige (wackestone-packstone) avec bioturbations remplies de marne verte (Bd 71), ooides de type lagunaire et petits oncoïdes (Bd 72), pellets, intraclastes, *bird's eyes*, Dasycladacées (Clypéines), Gastéropodes, débris coquilliers divers (Lamellibranches, Gastéropodes, Brachiopodes, Échinodermes), Foraminifères benthiques (Miliolles, Ataxophragmiidés : *Valvulina* aff. *lugeoni*, petits Lituolidés : *Feurtillia frequens*). Banc Bd 73 bréchifié avec fissures de dessiccation périodique.

– **Bd 74.** Marne brunâtre avec quelques Gastéropodes laguno-lacustres (*Loriolina loryana*).

– **Bd 75.** Calcaire massif gris (mudstone-wackestone) à petits oncoïdes, débris de Gastéropodes, quelques bioturbations, fissures de dessiccation.

1.17.2. Formation de Pierre-Châtel

Unité Inférieure Oolithique (U. I. O., faciès de lagon marin, barre sableuse oolithique).

– **Bd 76 à 79.** Calcaires massifs oolithiques beige foncé (grainstone à ciment sparitique - packstone micritique) en petits bancs décimétriques, avec gros ooides marins (parfois en agglomérats de type grapestone), débris coquilliers divers (Lamellibranches/Ostréides, Gastéropodes/Nérinées, Brachiopodes, Echinodermes), Bryozoaires, Foraminifères benthiques (*Trocholina* gr. *alpina-elongata*, Ataxophragmiidés : *Valvulina* aff. *lugeoni*, Miliolles, Lituolidés : Nautiloculines, *Pseudocyclammia lituus*), oncoïdes, Dasycladacées (*Clypeina jurassica*, Salpingoporelles), pellets, intraclastes.

1.18. Description de la coupe de Yenne (fig. 34)

Dans cette coupe, les faciès d'estran de la limite Jurassique/Crétacé (tapis algaires, marnes vertes, cailloux noirs) présentent une influence marine prédominante (lagon restreint). L'épaisseur de ces dépôts émergifs est ici considérable et atteint près de 80 m d'épaisseur, ces couches se rapportant probablement aussi bien au Tidalites de Vouglans ("Portlandien"/Tithonien, Jurassique terminal) qu'au Purbeckien (Berriasien inférieur, Crétacé basal). Seuls

deux niveaux de marnes vertes à cailloux noirs de la partie inférieure de la coupe ont livré des pseudomorphoses calcitiques de microcristaux de gypse et des Gastéropodes laguno-lacustres (*Gyraulus* sp., **éch. YeAS 22**) ainsi que des Charophytes (*Porochara* cf. *fusca*, **éch. YeAS 61**), échantillons qui ne permettent pas de datations précises. Celles-ci ne sont possibles que dans les dix derniers mètres de la partie supérieure de la coupe, où des niveaux laguno-lacustres bien développés correspondant aux Couches nymphéennes du Purbeckien se sont avérés suffisamment fossilifères (échantillons Ye 1 à 61).

1.18.1. Purbeckien

Couches nymphéennes (faciès de lagon restreint saumâtre et d'estran avec paléosols et intercalations laguno-lacustres).

– **Ye 1 à 18.** Calcaires massifs en petits bancs décimétriques et minces niveaux de marnes vertes azoïques. Les calcaires sont de couleur en général blanchâtre ou jaunâtre à brun clair au sommet (Ye 16 à 18). Il s'agit de mudstone azoïque (Ye 1) avec parfois quelques *bird's eyes* (Ye 5) ou de packstone-grainstone oolithiques (ooides de type lagunaire, Ye 2 à 4, Ye 8 à 18) à intraclastes, pellets, Gastéropodes, Miliolles, coprolithes (*Favreina salevensis*) et *keystone vugs* (faciès de plage, Ye 10). Localement, ces niveaux oolithiques présentent des intervalles boueux (mudstone-wackestone) avec Ostracodes de milieu lagunaire saumâtre (Fabanelles), *bird's eyes* et fissures de dessiccation (Ye 11, Ye 16 à 18).

– **Ye 19 à 21.** Au-dessus d'un dernier et mince horizon de marnes vertes azoïque, calcaire massif brun clair à brun très foncé avec cailloux noirs et multicolores (intraclastes de calcaire à Charophytes), Charophytes (gyrogonites de *Porochara fusca*, utricules de *Perimneste horrida* et *Dictyoclavator fieri*, thalles de *Clavator reidi*), carapaces et valves d'Ostracodes (Fabanelles, *Mantelliana* sp., *Cypridea* sp.), Gastéropodes (*Provalvata* sp.), Serpules, fissures de dessiccation périodique très développées (Ye 19), importante pédogénèse (rhizolithes, calcrétisation, Ye 20-21), avec au sommet des injections de marne verte et un ciment de calcite équigranulaire de type eau douce.

– **Ye 22.** Brèche conglomératique chenalisée en "poches" irrégulières et marne verte. Cailloux noirs et multicolores. Ces derniers correspondent à des intraclastes micritiques centimétriques (wackestone) de couleur gris-verdâtre à beige-brun plus ou moins foncée, souvent très calcrétisés, issus du démantèlement et du remaniement du banc calcaire sous-jacent. Des galets de calcrète sont également présents, de même qu'une dolomitisation primaire d'aspect saccharoïde (ciment). La marne verte a livré des microfossiles laguno-lacustres de la Cénozone continentale M1b.

Charophytes : *Hemiglobator praecursor*, *Perimneste horrida*, *Perimneste micrandra*, *Dictyoclavator fieri*, *Nodosoclavator bradleyi*, *Clavator reidi*, *Porochara fusca*.

– **Ye 23 à 25.** Calcaire massif gris-beige (wackestone) à cailloux noirs et multicolores, taches ferrugineuses, quelques bioturbations, Serpules, débris de Gastéropodes, pellets, rares Miliolles, *bird's eyes* et fissures de dessiccation.

– **Ye 26 à 29.** Calcaires massifs bréchifiés (Ye 28) de couleur grise à jaunâtre (wackestone), avec cailloux noirs et multicolores, Charophytes (*Porochara jaccardi*, *Perimneste horrida*), Ostracodes, *bird's eyes*, fissures de dessiccation périodique (Ye 27 à 29).

– **Ye 30.** Brèche conglomératique chenalisée ("en poches" irrégulières) et marne verte, avec cailloux noirs et multicolores. Ces derniers correspondent à des intraclastes micritiques gris clair à beige-jaunâtre, avec *bird's eyes*, fissures de dessiccation ainsi que quelques Gastéropodes et Ostracodes. La marne verte a livré des microfossiles laguno-lacustres de la Cénozone continentale M1b. Charophytes : *Hemiglobator praecursor*, *Perimneste horrida*, *Perimneste micrandra*, *Dictyoclavator fieri*, *Nodosoclavator bradleyi*, *Porochara jaccardi*, *Porochara fusca*. Ostracodes : *Cypridea* sp., *Cypridea mirabilis*, *Fabanella boloniensis*. Gastéropodes : *Gyraulus loryi*.

– **Ye 31 à 33.** Calcaire massif beige-brun à jaunâtre (wackestone), avec cailloux noirs et multicolores, Charophytes (*Porochara jaccardi*, *Porochara maxima*, thalles de *Clavator reidi*), Ostracodes et Gastéropodes.

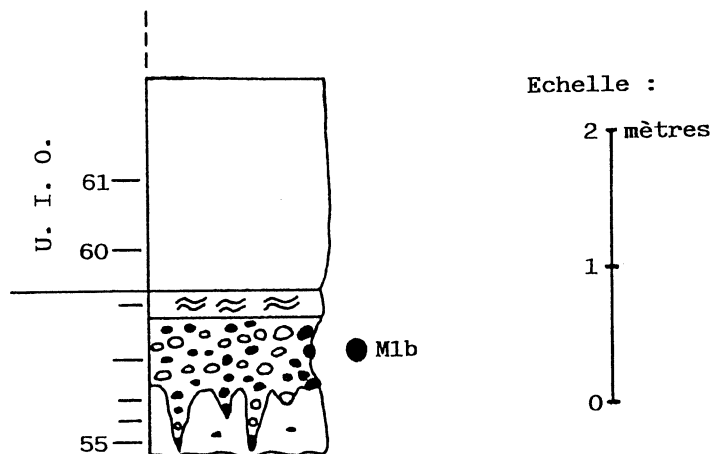
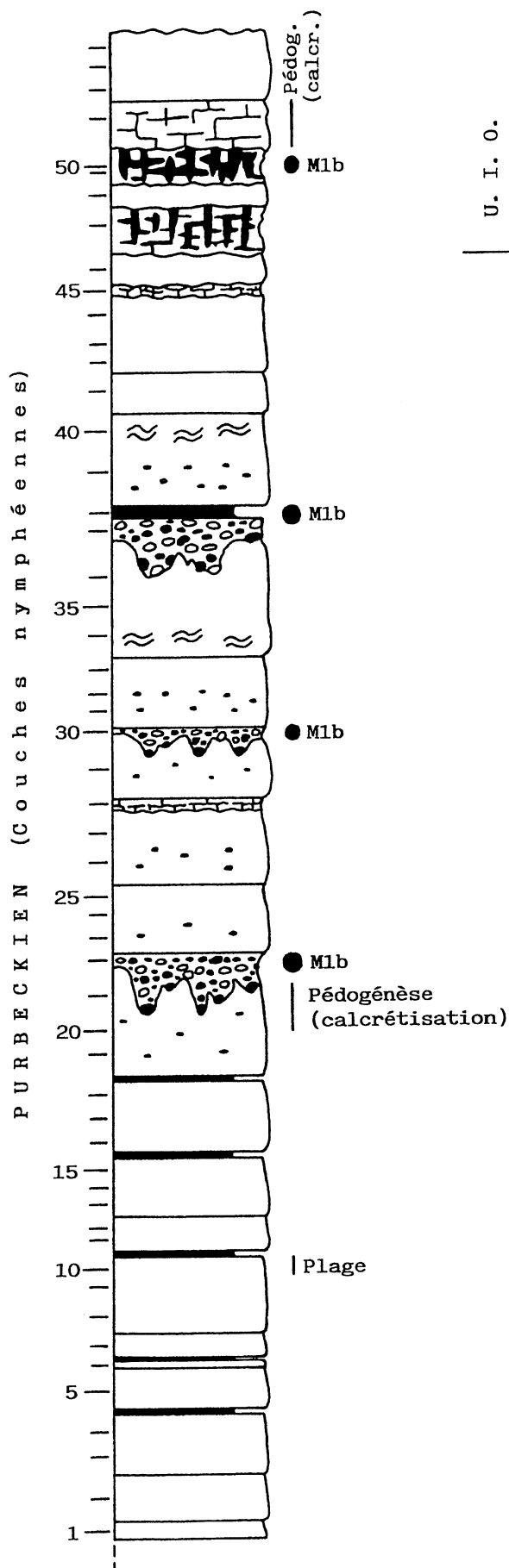
– **Ye 34 à 36.** Calcaire massif gris (mudstone), finement laminé dans sa partie inférieure (tapis algaires, Ye 34), avec quelques *bird's eyes* et fissures de dessiccation.

– **Ye 37-38.** Brèche conglomératique chenalisée ("en poches" irrégulières) et marne verte. Cailloux noirs et multicolores (intraclastes micritiques grisâtres à *bird's eyes* et fissures de dessiccation correspondant au faciès sous-jacent remanié). Le niveau marneux (Ye 38) a livré des microfossiles essentiellement laguno-lacustres de la Cénozone continentale M1b. Charophytes : *Hemiglobator praecursor*, *Perimneste horrida*, *Perimneste micrandra*, *Dictyoclavator fieri*, *Nodosoclavator bradleyi*, *Clavator reidi*, *Porochara jaccardi*, *Porochara fusca*, *Mesochara stipitata*. Ostracodes : *Cypridea* sp., *Darwinula leguminella*, *Fabanella boloniensis*, *Paranotacythere favulata*, *Schuleridea* sp. Gastéropodes : *Gyraulus loryi*.

– **Ye 39-40.** Calcaire massif gris-beige (mudstone) avec quelques petits cailloux noirs millimétriques et laminations algaires (Ye 40).

– **Ye 41.** Calcaire massif brun-clair (mudstone) à *bird's eyes* et intraclastes de marnes vertes.

– **Ye 42 à 44.** Calcaire massif gris-beige (wackestone) avec nombreux Gastéropodes et débris de Gastéropodes, Ostracodes, pellets, petits oncoïdes, Dasycladacées, petites Trocholines, fissures de dessiccation.



– Ye 45-46. Calcaires massifs gris (mudstone) à passées oolithiques (packstone, ooides de type lagunaire) avec Foraminifères benthiques (Miliolites, Ataxophragmiidés, petits Lituolidés : *Feurillia frequens*). Banc inférieur bréchifié (Ye 45) et sommet du banc supérieur (Ye 46) avec quelques bioturbations.

– Ye 47 à 51. Bancs calcaires de couleur gris-beige verdâtre à brun clair (Ye 51), fortement bréchifiés et injectés par des marnes vertes. Wackestone à packstone avec Gastéropodes, Serpules, Ostracodes, intraclastes micritiques, fissures de dessiccation, Charophytes (*Porochara jaccardi*, *Hemiglobator praecursor*, *Clavator reidi*, Ye 49 à 51), pédogénèse (rhizolithes, calcrétisation, Ye 51). Les marnes vertes (Ye 50) ont livré des microfossiles laguno-lacustres de la Cénozone continentale M1b. Charophytes : *Hemiglobator praecursor*, *Clavator reidi*. Gastéropodes : *Provalvata helicoides*, *Gyraulus loryi*.

– Ye 52 à 54. Calcaire massif gris (mudstone) à *bird's eyes*, fissures de dessiccation et quelques Gastéropodes.

– Ye 55 à 57. Calcaire massif gris-beige (mudstone-wackestone) à Gastéropodes, petits oncoïdes, rares Dasycladacées (*Clypeina jurassica*), quelques cailloux noirs et multicolores (intraclastes de marne verte), fissures de dessiccation très accentuées au sommet du banc (Y 57).

– Y 58. Brèche conglomératique chenalisée (“en poches” irrégulières) et marne verte. Cailloux noirs et multicolores. Ces derniers correspondent à des intraclastes micritiques (mudstone) gris-verdâtres à jaunâtres avec nombreux *bird's eyes* et fissures de dessiccation. La marne verte a livré des microfossiles laguno-lacustres de la Cénozone continentale M1b. Charophytes : *Hemiglobator praecursor*. Gastéropodes : *Maillardinus sanctusclaudius*, opercules de *Cyclophoroidea*, *Loriolina loryana*, *Ptychostylus harpaeformis*, *Proauriculastra dubisiensis*, *Gyraulus loryi*.

– Ye 59. Calcaire massif gris (mudstone) finement laminé (tapis algaires) à *bird's eyes*. Ce niveau représente le sommet du Purbeckien, les Cénozones continentales M2 et M3 n'étant pas représentées dans cette coupe.

FIG. 34.– Levé de la coupe de Yenne (Jura français méridional).

1.18.2. Formation de Pierre-Châtel

Unité Inférieure Oolithique (U. I. O., faciès de lagon marin, barre sableuse oolithique subtidale).

– Y 60-61. Calcaire massif jaunâtre (packstone-grainstone) oolithique, à débris coquilliers divers (Lamellibranches, Gastéropodes/Nérinées, Brachiopodes, Échinodermes), Foraminifères benthiques (Trocholines, Miliolés, Lituolidés : *Pseudocyclamina lituus*), quelques oncoïdes, Dasycladacées (*Clypeina jurassica*), intraclastes, pellets et quelques bioturbations.

1.18.3. Formation de Vions

Enfin, dans la partie supérieure de la coupe de Yenne, la partie basale de la Formation de Vions (Berriasien supérieur) marquant la limite avec la Formation de Pierre-Châtel présente un faciès calcaire massif micritique de couleur blanchâtre riche en *Pavlovecina allobroensis* (Foraminifères benthiques) de grande taille. Plus haut, la partie moyenne de la Formation de Vions présente une vire marneuse assez importante qui a livré une association de microfossiles de milieu lagunaire saumâtre et marin de la partie supérieure de la Cénozone continentale M5a. Ostracodes : *Macrodentina* (*Dictyocythere*) *mediostriata*, *Lycopterocypris sabaudiae*, *Valendocythere helvetica*, *Valendocythere divisa*, *Bairdia major*, *Neocythere flandrini*, *Cytherelloidea* aff. *rehburgensis*, *Asciocythere* gr. *circumdata*-*montis*, *Cytherella elongata*. Foraminifères benthiques : *Trocholina* gr. *alpina*-*elongata*, *Nautiloculina cretacea*, *Choffatella pyrenaica*. Dents de poissons (Téléostéens/Actinoptérygiens, Sélaciens). Débris d'Échinodermes (radioles d'Echinidés, articles de Crinoïdes).

1.19. Description de la coupe du Col de l'Épine (fig. 35)

Coupe étudiée par Donze [1958]. Échantillons CE 1 à 11.

1.19.1. "Portlandien"/Tithonien

Faciès de lagon restreint, très confiné. Bancs calcaires massifs à pellets et *bird's eyes* au sommet.

1.19.2. Purbeckien

1.19.2.1. Équivalent des Marnes à gypse

Faciès mixtes de lagon restreint et d'estran à intercalations lagunaires saumâtres (CE 1 à 4), avec un niveau émergifié de base à palynoflore continentale (apports terrestres, CE 1). Série de bancs calcaires plus ou moins marneux et de marnes de couleur grise à

beige-jaunâtre. Les niveaux marneux ont livré des microfossiles laguno-lacustres et marins, voire franchement continentaux (spores et pollens).

– CE 1. Charophytes : *Porochara fusca*. Ostracodes : *Fabanella boloniensis*. Foraminifères benthiques : *Anchispirocyclina lusitanica*. Spores et pollens (échantillon CE in Médus et Mojon, 1991) : *Biailés*, *Apiculatisporites* sp. f. *clavus*, *Cerebropollenites macroverrucosus*, *Cerebropollenites mesozoicus*, *Cicatricosisporites striatus*, *Classopollis torosus*, *Spheripollenites psilatus*, *Plicatella tricornitata*, autres spores et pollens divers. Débris charbonneux et pseudomorphoses calcitiques de microcristaux de gypse.

– CE 2. Charophytes : *Porochara fusca*. Ostracodes : *Mantelliana purbeckensis*, *Fabanella boloniensis*. Foraminifères benthiques : *Anchispirocyclina lusitanica*.

– CE 3. Charophytes : *Porochara maxima*, *Porochara fusca*.

– CE 4. Charophytes : *Porochara fusca*. Ostracodes : *Fabanella boloniensis*, *Macrodentina* (*Dictyocythere*) *retirugata*, *Paranotacythere rimosa*, *Marslatourella barnstorfensis*, *Protocythere revili*, *Paracypris arcuatilis*, *Asciocythere* gr. *circumdata*-*montis*, *Schulerridea* gr. *mediocaudata*. Gastéropodes : *Provalvata helicoides*, *Proauriculastra dubisiensis*. Lamellibranches de milieu lagunaire saumâtre : *Neomiodon* sp. Foraminifères benthiques : *Anchispirocyclina lusitanica* (très abondantes), "*Siphovalvulina*" sp., Miliolidés. Dents de poissons Téléostéens/Actinoptérygiens.

Les échantillons CE 1 à 4 présentent des assemblages de microfossiles attribuables à la Cénozone continentale M1a. À ce propos, les dernières *Anchispirocyclines* sont localisées dans les échantillons CE 5 à 7.

1.19.2.2. Équivalent des Couches nymphéennes

Faciès d'estran boueux avec quelques intercalations laguno-lacustres et faciès de lagon restreint (avec oncoïdes, Dasycladacées, pellets) dans la partie sommitale. Série monotone de bancs calcaires souvent bréchifiés et de couleur grise à beige, quelques niveaux de brèches conglomératiques avec marnes vertes, cailloux noirs et multicolores ainsi que traces de pédogénèse (rhizolithes, calcrétisation). Seuls certains niveaux de marnes vertes ont livré quelques microfossiles laguno-lacustres.

– CE 9. Charophytes : *Nodosoclavator bradleyi*, *Porochara fusca*. Ostracodes : *Cypridea tumescens praecursor*. Gastéropodes : opercules de *Cyclophoroidea*, *Provalvata helicoides*.

– CE 10. Gastéropodes : opercules de *Cyclophoroidea*, *Provalvata helicoides*.

Les microfaciès des bancs calcaires de ce Purbeckien présentent en outre de nombreux *bird's eyes*

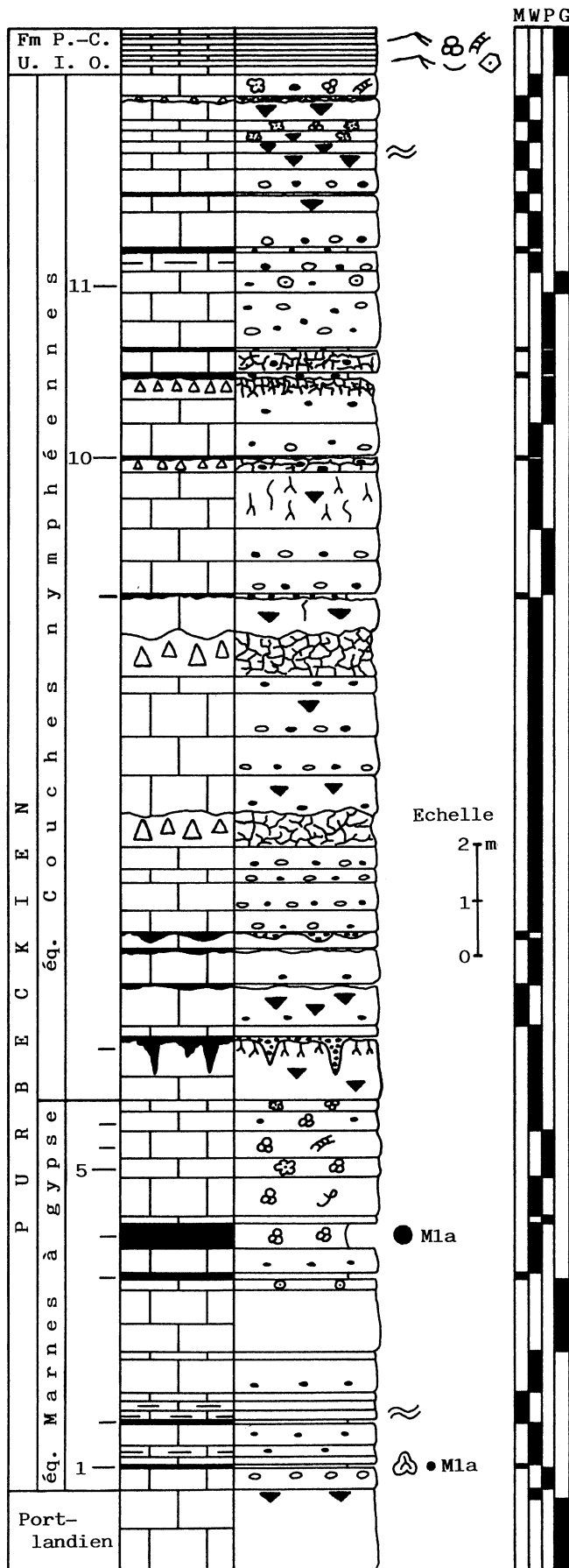


FIG. 35.— Levé de la coupe du Col de l'Épine (Jura français méridional).

et fissures de dessiccation périodique, des tapis algaires finement laminés, de petits ooides de milieu lagunaire saumâtre, des cailloux noirs et multicolores, de petits intraclastes, de nombreux petits Foraminifères benthiques (Miliolites, Ataxophragmiidés, Trocholines, Lituolidés : *Feurtillia frequens*), des Serpules, des Dasycladacées (Clypéines, Salpingoporelles), de petits oncoïdes, des Cyanophycées (*Cayeuxia* sp., CE 8), des coprolithes de Favréines (CE 11), des débris coquilliers de Gastéropodes, des pellets et quelques bioturbations.

1.19.3. Formation de Pierre-Châtel

Unité Inférieure Oolithique (U. I. O., faciès de lagon marin).

Petits bancs calcaires décimétriques bioturbés de couleur beige-jaunâtre (grainstone oolithique et bioclastique à ciment sparitique et passées boueuses) correspondant à de petites barres sableuses subtidales (rides de courant), avec gros ooides marins, petits intraclastes micritiques et pellets, Foraminifères benthiques (*Trocholina* gr. *alpina-elongata*, grands Lituolidés : *Pseudocyclammina lituus*, *Nautiloculina cretacea*), débris coquilliers divers (Lamellibranches, Gastéropodes/Nérinées, Brachiopodes, Échinodermes, Bryozoaires), Dasycladacées.

1.20. Description de la coupe du Col du Banchet (fig. 36)

Échantillons CB 1 à 48. Série de bancs de couleur assez claire et relativement pauvre en micro-fossiles.

1.20.1. Purbeckien

1.20.1.1. Marnes à gypse

Faciès d'estran à intercalations laguno-lacustres et paléosols (calcrêtes) en place ou remaniés (galets noirs et multicolores).

– **CB 1-2.** Bancs calcaires massifs (mudstone) beiges, avec *bird's eyes*, bioturbations (CE 2), quelques Ostracodes, Miliolites et débris de Gastéropodes.

– **CB 3.** Petit banc calcaire beige (packstone) à cailloux noirs et multicolores, pellets.

– **CB 4.** Brèche conglomératique et marne verte, avec cailloux noirs et gros galets multicolores (lithoclastes beiges mesurant jusqu'à 15 cm et constitués de packstone à Miliolites, Anchispirocyclines, petits intraclastes et pellets). La marne verte a livré des

microfossiles laguno-lacustres et marins de la Cénozone M1a. Charophytes : *Nodosoclavator bradleyi*, *Porochara maxima*, *Porochara fusca*. Ostracodes : *Mantelliana purbeckensis*. Gastéropodes : *Maillardinus sanctusclaudius*, opercules de *Cyclophoroidea*, *Pyrgulifera purbeckensis*, *Provalvata helicoides*, *Ceritellopsis complacita*, *Ptychostylus harpaeformis*, *Proauriculastra dubisiensis*, *Juramarinula durlstonensis*, *Gyraulus loryi*. Foraminifères benthiques : *Anchispirocyclina lusitanica*.

– **CB 5 à 7.** Bancs calcaires beiges (mudstone-wackestone) à *bird's eyes*, petits cailloux noirs (CB 5 base, CB 7), Ostracodes et Charophytes (*Porochara* spp., CB 7). Banc CB 6 bréchifié et sommet du banc CB 7 avec pédogénèse (rhizolithes, calcrétisation).

– **CB 8.** Croûte calcaire très indurée à laminations sombres, de couleur brune assez foncée, correspondant à un calcrête (paléosol) *in situ* couvrant une surface d'érosion irrégulière.

– **CB 9.** Brèche conglomératique chenalisée ("en poches" irrégulières) et marne verte, avec galets noirs et multicolores, ainsi que dolomitisation secondaire et recristallisation importante (présence de petits rhomboèdres de dolomite). La marne verte a livré des microfossiles laguno-lacustres fréquemment couverts de microcristaux de dolomite. Charophytes : *Nodosoclavator bradleyi*, *Porochara fusca*. Gastéropodes : *Gyraulus loryi*.

– **CB 10 à 12.** Bancs calcaires beiges (mudstone) à interbancs irréguliers, avec nombreux *bird's eyes*.

– **CB 13.** Brèche conglomératique et un peu de marne verte, avec galets noirs et multicolores (lithoclastes beiges, mudstone à *bird's eyes*).

1.20.1.2. Couches nymphéennes (faciès d'estran boueux à intercalations marines et laguno-lacustres)

– **CB 14-15.** Calcaires massifs gris clair (grainstone-packstone) à petits oncoïdes, Dasycladacées (Clypéines), Miliolles, petits cailloux noirs et multicolores, pellets, débris coquilliers de Mollusques (Lamelli-branches, Gastéropodes). Faciès de lagon restreint.

– **CB 16 à 18.** Bancs calcaires gris-beige (mudstone-wackestone) à *bird's eyes*, petits cailloux noirs et multicolores, Ostracodes, Gastéropodes, bioturbations (CB 16).

– **CB 19-20.** Calcaire massif gris clair (wackestone) à Gastéropodes et Charophytes (*Porochara* sp.), partie inférieure du banc à cailloux noirs (CB 19), quelques *bird's eyes*.

– **CB 21 à 24.** Calcaires massifs gris clair (mudstone-wackestone) avec Ostracodes, Gastéropodes, petits cailloux noirs et multicolores très localisés (CB 22-23).

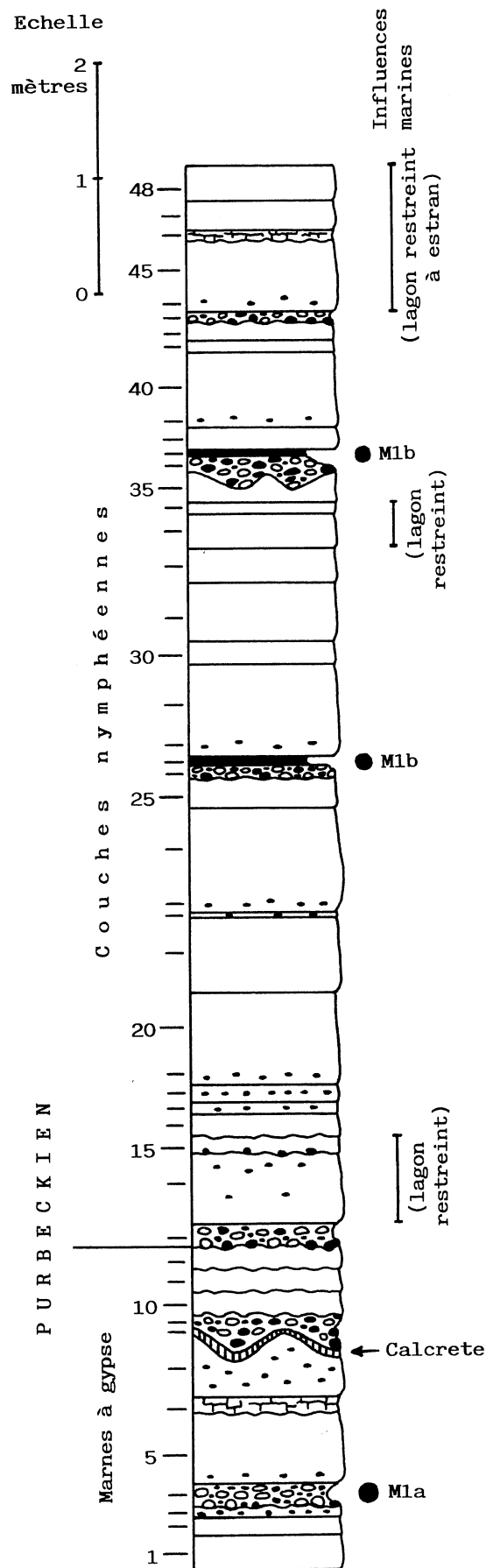


FIG. 36.– Levé de la coupe du Col du Banchet (Jura français méridional).

– **CB 25.** Petit banc calcaire massif beige (packstone) à Serpules et pellets.

– **CB 26-27.** Brèche conglomératique et marne beige-verdâtre formant un niveau marneux sommital (CB 27), avec galets noirs et multicolores (lithoclastes jusqu'à 10 cm, mudstone-wackestone beiges à Serpules et *bird's eyes*). La marne a livré des microfossiles laguno-lacustres de la Cénozone continentale M1b. Charophytes : *Hemiglobator praecursor*, *Perimneste horrida*, *Perimneste micrandra*, *Nodosoclavator bradleyi*, *Clavator reidi*, *Porochara fusca*, *Mesochara stipitata*. Ostracodes : *Cypridea dunkeri carinata*, *Fabanella boloniensis*. Gastéropodes : opercules de *Cyclophoroidea*, *Loriolina loryana*, *Provalvata helicoides*, *Gyraulus loryi*. Gros grains arrondis de quartz détritique.

– **CB 28-29.** Banc calcaire massif beige (wackestone) à *bird's eyes*, Ostracodes, pellets, partie inférieure du banc avec quelques cailloux noirs (CB 28).

– **CB 30 à 32.** Bancs calcaires massifs beiges (mudstone) avec bioturbations (CB 31-32) et quelques Gastéropodes.

– **CB 33-34.** Calcaires massifs beiges (packstone) à Dasycladacées (Clypéines), Miliolles, Gastéropodes, pellets.

– **CB 35.** Banc calcaire massif beige (mudstone).

– **CB 36-37.** Brèche conglomératique et marne beige-verdâtre formant un niveau marneux sommital (CB 37), avec galets noirs et multicolores (lithoclastes beiges jusqu'à 5 cm, mudstone). La marne a livré des microfossiles laguno-lacustres de la Cénozone continentale M1b. Charophytes : *Hemiglobator praecursor*, *Perimneste horrida*, *Perimneste micrandra*, *Porochara jaccardi*. Ostracodes : *Fabanella boloniensis*. Gastéropodes : *Gyraulus loryi*. Gros grains arrondis de quartz détritique.

– **CB 38 à 42.** Calcaires massifs beiges (wackestone-mudstone) à *bird's eyes*, fissures de dessiccation périodique (CB 41-42), partie inférieure (CB 38-39) avec Gastéropodes, Charophytes (*Porochara* sp.) ainsi que petits cailloux noirs et multicolores (CB 39),

– **CB 43.** Brèche conglomératique avec cailloux noirs et petits galets multicolores, ainsi qu'un peu de marne verte.

– **CB 44-45.** Banc calcaire massif beige (wackestone) à petits oncoïdes, Miliolles, Ataxophragmiidés, Gastéropodes, Dasycladacées. Partie inférieure à petits cailloux noirs (CB 44).

– **CB 46.** Petit banc calcaire beige bréchifié (mudstone).

– **CB 47-48.** Bancs calcaires beiges (wackestone-packstone) à *bird's eyes*, fissures de dessiccation périodique, petits oncoïdes et Dasycladacées (CB 47), Miliolles, Ostracodes, Gastéropodes, Charophytes (*Porochara jaccardi*, CB 48).

1.21. Description de la coupe de la Cluse de Chailles (fig. 37)

Coupe étudiée par Maillard [1885a] et Donze [1958, 1973a]. Echantillons Ch 1 à 12.

1.21.1. Purbeckien

Couches nymphéennes.

Faciès d'estran à influence marine prédominante et rares faciès émergifs (intercalations laguno-lacustres et paléosols).

Série de bancs calcaires de couleur grise à beige, avec quelques niveaux de brèches conglomératiques à cailloux noirs et multicolores. Rares horizons marneux (marnes verdâtres) à microfossiles laguno-lacustres et marins.

– **Ch 3.** Charophytes : *Clavator reidi*, *Porochara jaccardi*.

– **Ch 4.** Charophytes : *Porochara jaccardi*. Ostracodes : *Fabanella boloniensis*.

– **Ch 5.** Charophytes : *Porochara fusca*. Ostracodes : *Fabanella boloniensis*, *Eoparacypris weedonensis*.

– **Ch 6.** Charophytes : *Porochara* sp. Foraminifères benthiques : *Feurillia frequens*, "*Siphovalvulina*" sp.

– **Ch 7.** Assemblage d'organismes laguno-lacustres se rapportant à la Cénozone continentale M2.

Charophytes : *Hemiglobator* cf. *protoincrassatus* (mal conservés), *Perimneste horrida*, *Clavator reidi*, *Porochara jaccardi*. Ostracodes : *Cypridea dunkeri carinata*, *Cypridea tumescens praecursor*, *Mantelliana purbeckensis*. Gastéropodes : *Gyraulus loryi*. Foraminifères benthiques : "*Siphovalvulina*" sp., *Lenticulina* (*Lenticulina*) gr. *muensteri*, *Trocholina* gr. *alpina-elongata*. Dasycladacées : *Clypeina jurassica*. Gros grains arrondis de quartz détritique.

Echantillons Ch 1, 2, 8, 9, 11 avec traces de pédogénèse (rhizolithes, calcrétisation). La partie tout à fait supérieure du Purbeckien (**Ch 10**, partie inférieure du banc) a livré au siècle passé des fragments de *Pseudosubplanites* gr. *lorioli* [matériel partiellement figuré par Maillard, 1885b], une Ammonite de la Zone à *Jacobi-Grandis* du Berriasien inférieur [Clavel *et al.*, 1986].

1.21.2. Formation de Pierre-Châtel

Faciès de lagon marin à Dasycladacées et Foraminifères benthiques. Bancs de calcaires massifs de couleur grise à beige, avec un dernier niveau de marne verdâtre à Dasycladacées (*Clypeina jurassica*, **Ch 12**) dans la partie inférieure de cette formation.

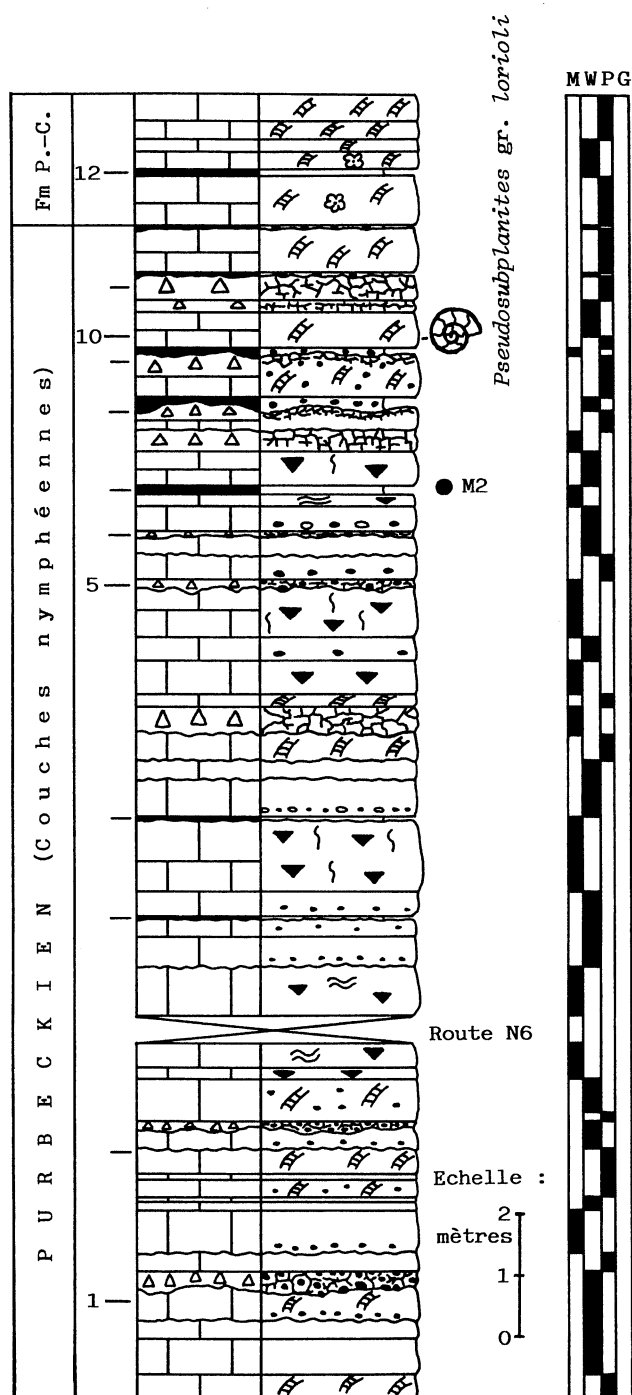


FIG. 37.— Levé de la coupe de la Cluse de Chailles (Jura français méridional).

2.— FACIÈS WEALDIENS (BERRIASIEN SUPÉRIEUR) DU JURA ET DES CHÂÎNES SUBALPINES SEPTENTRIONALES (CHARTEUSE) (fig. 38 à 45)

2.1. Généralités : sédimentologie, biostratigraphie et micropaléontologie (fig. 38)

Par analogie avec le Bassin parisien [Médioni et Robazinsky, 1980] et le domaine boréal [Delfaud,

1986], les faciès à importants apports détritiques de type wealdien du Jura et des Chaînes subalpines septentrionales sont représentés respectivement par la Formation de Vions [Steinhauser et Lombard, 1969], l'Unité Supérieure Gréseuse [Steinhauser et Charollais, 1971] et la Formation d'Allèves [Steinhauser, 1969, 1970].

La Formation de Vions ou "Couches de la Corratierie" [Mouty, 1966] est surtout bien représentée dans le Jura méridional par des assises marno-calcaires atteignant 20 à 35 mètres d'épaisseur et contenant jusqu'à 30% de quartz détritique fin. Résultant de l'installation des deltas fluviaux distaux du Wealdien sur la plate-forme jurassienne (fig. 38), ces dépôts d'aspect gréseux se rapportent à des faciès estuariens de lagon restreint et d'estran à intercalations lagunolacustres, avec le développement de marais côtiers à Ptéridophytes, paléosols à racines, calcrêtes, horizons ligniteux contenant parfois des cailloux noirs et souvent riches en spores et pollens [Donze, 1969 ; Taugourdeau-Lantz et Donze, 1971 ; Médus, 1971 ; Médus et Mojon, 1991]. Dans la topographie, la Formation de Vions forme une vire herbeuse et boisée qui présente à l'affleurement une couleur sombre due à une forte teneur en oxydes de fer et en pyrite. Par ces caractères, elle se distingue aisément des formations calcaires massives de couleur claire (dépôts de lagon marin) qui l'encadrent, soit la Formation de Pierre-Châtel et la Formation de la Chambotte [Steinhauser et Lombard, 1969 ; = "Calcaires du Val de Fier" de Mouty, 1966].

Dans le Jura franco-suisse, la limite inférieure de la Formation de Vions correspond à un horizon souvent marno-calcaire, caractérisé par le Foraminifère benthique *Pavlovecina allobroensis*. Dans le Jura méridional (Mont de Musièges) et à environ 1,8 m au-dessus de cet horizon-repère, la partie basale de la Formation de Vions a livré *Berriasella* (*Pictetoceras*) aff. *moesica* (NIKOLOV & MANDOV), une Ammonite du Berriasien supérieur basal [Zone à *Boissieri*, sous-zone à *Paramimounum* ; Clavel *et al.*, 1986]. Cette détermination a été révisée depuis en *Berriasella* (*Pictetoceras*) gr. *jauberti* (MAZENOT) indiquant plutôt la sous-zone à *Picteti* ou la base de la sous-zone à *Alpillensis* de la partie moyenne du Berriasien supérieur [L. Bulot *in* Blanc, 1996].

D'autre part, la présence de *Calpionellopsis* cf. *oblonga* (CADISH) dans la partie moyenne-supérieure de la Formation de Vions à Val de Fier ouest et à La Chambotte [Darsac, 1983] ainsi qu'au Salève [Zaninetti *et al.*, 1988] indique les sous-zones D2 ou D3 de la biozonation des Calpionelles, soit le passage entre les Zones d'Ammonites à *Picteti* et à *Alpillensis* dans la partie moyenne du Berriasien supérieur.

Par contre, la limite supérieure de la Formation de Vions n'a pas pu être datée aussi précisément. Toutefois, sa position dans le Berriasien supérieur terminal est suggérée par la présence dans la partie inférieure de la Formation de la Chambotte de *Pfenderina neocomiensis* et de *Valdanchella* aff. *miliani*, des Foraminifères

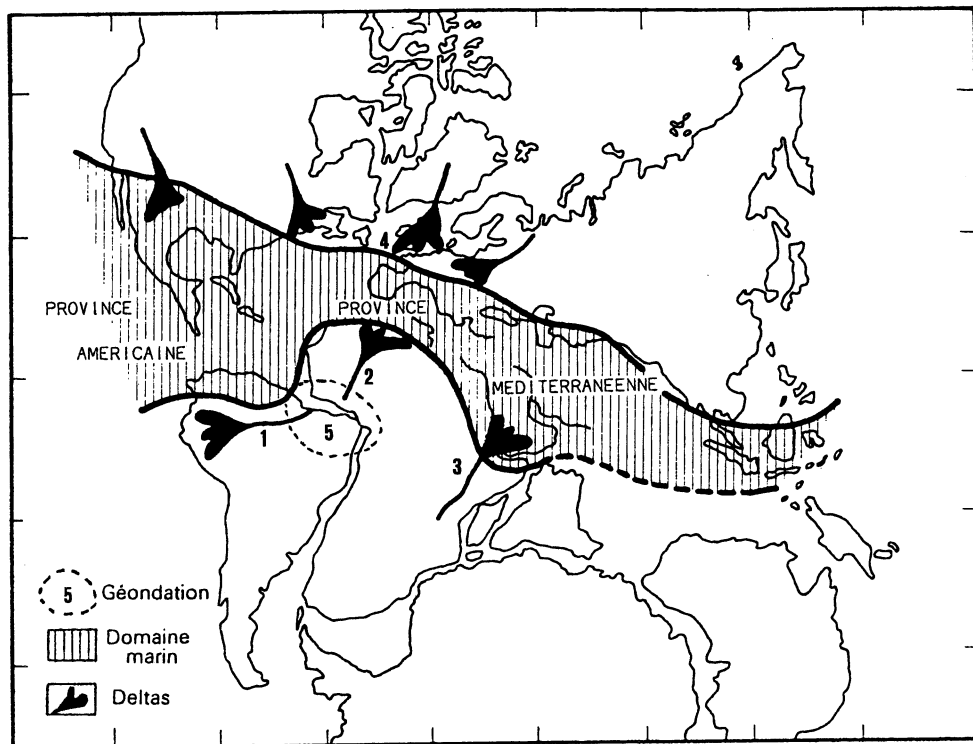


FIG. 38.— Carte de faciès du Crétacé inférieur sur les marges de la Téthys. 1 : paléo-Amazone. 2 : paléo-Niger (Grès des Ksour). 3 : paléo-Nil (Grès de Nubie). 4 : deltas des faciès wealdiens de l'Europe occidentale. 5 : géondation ou paléorelief entre l'Afrique et l'Amérique du Sud durant l'intervalle Jurassique moyen-Crétacé inférieur (inversion des cours de l'Amazonie et du Niger vers la fin du Crétacé inférieur, en liaison avec l'ouverture de l'Atlantique Sud). D'après Delfaud [1986].

benthiques caractérisant plutôt le Valanginien. De même, l'apparition dans la partie supérieure de la Formation de Vions du Jura méridional d'organismes d'affinité nettement valanginienne tels que certains Foraminifères benthiques (petites formes écotypiques de *Pfenderina* aff. *neocomiensis* ; *Cribellopsis* sp.), Ostracodes marins (*Valendocythere helvetica*) et Charophytes (*Hemiglobator steinhauseri*) conforte cette opinion. Ces attributions chronostratigraphiques suivent et complètent d'ailleurs largement le découpage séquentiel et les données biostratigraphiques de Détraz et Mojon [1989] permettant de bonnes corrélations entre les domaines jurassien et présubalpin. L'absence d'Ammonites dans l'intervalle transgressif correspondant à la partie supérieure de la Formation de Vions ainsi qu'à la partie inférieure de la Formation de la Chambotte s'explique par la mise en place dans le domaine présubalpin d'une barrière oolithique et bioclastique formant un cordon littoral. Celui-ci se développe au sommet de la Formation d'Allèves et surtout au niveau de la Formation du Calcaire du Fontanil [Steinhauser, 1969, 1970], en protégeant des influences de la mer ouverte le faciès de lagon marin de la Formation de la Chambotte du Jura méridional. Par rapport à l'intervalle transgressif comprenant le sommet du Purbeckien et la base de la Formation de Pierre-Châtel où la transition entre la mer ouverte et les faciès de lagon interne de plate-forme était beaucoup plus

directe et régulière, il n'y a donc plus de transport possible de coquilles flottées de Céphalopodes depuis le "bassin" subalpin par des courants de marées ou des tempêtes.

D'après l'abondance du quartz détritique fin, la Formation de Vions s'apparente aux dépôts marno-gréseux du domaine boréal, dont l'âge est plus ou moins contemporain. La source des apports détritiques à partir du nord peut être précisée grâce aux observations de Steinhauser et Charollais [1971], signalant dans l'Unité Supérieure Gréseuse du Jura central (forage de la Côte-aux-Fées) des chenaux contenant du quart détritique de granulométrie nettement plus grossière que dans la Formation de Vions du Jura méridional. Sur la plate-forme jurassienne, l'arrivée du détritisme quartzeux est isochrone et apparaît à peu près partout au niveau de l'horizon à *Pavlovecina allobroensis*, qui représente la surface de progradation à partir de laquelle se développent les dépôts calcaréo-gréseux de la Formation de Vions. Dans les Chaînes subalpines septentrionales (domaine présubalpin), ce détritisme quartzeux ne se développe que dans la partie supérieure de la Formation d'Allèves où l'horizon à *Pavlovecina allobroensis* ne se distingue plus à cause du très net approfondissement des milieux de dépôt défavorable à ce Foraminifère, dont la présence sporadique à l'état remanié résulte des phénomènes érosifs affectant la plate-forme jurassienne.

Dans le Jura suisse occidental (Jura central), les dépôts très réduits et condensés de la Formation de Vions ne correspondent plus qu'aux quelques mètres de l'Unité Supérieure Gréseuse (U. S. G.), recouverte par les Calcaires roux à stratifications entrecroisées du Valanginien constituant de grands chenaux érosifs [carrière Juracime ; Steinhauser et Charollais, 1971]. De même, l'horizon à *P. allobroensis* de la base de l'U. S. G. correspond à une brèche érosive et rubéfiée dans les localités-types de Valangin et d'Hauterive (Jura neuchâtelois). À Juracime, la partie inférieure de l'U. S. G. présente de même trois à quatre niveaux marneux rubéfiés (couleur rougeâtre lie-de-vin à violacée) discontinus et plus ou moins épais, dont le plus inférieur et aussi le plus important (20 cm) contient des pisolithes ainsi que des opercules de Gastéropodes lagunolacustres (*Cyclophoroidea*).

Ces observations traduisent une succession d'épisodes émergifs/érosifs entre le Berriasien supérieur et le Valanginien inférieur, probablement à la suite d'une subsidence différentielle de compartiments d'orientation NE-SW de la plate-forme jurassienne [et non pas par un basculement général postulé dans Détraz et Mojon, 1989]. Au Berriasien supérieur, on peut concevoir que l'influence d'une tectonique synsédimentaire reconnue sur la marge jurassienne de la Téthys (massif de Platé) dès la base du Berriasien inférieur par Détraz [1989] a facilité la progradation des dépôts de la Formation de Vions très loin vers le sud. C'est-à-dire jusque dans le domaine présubalpin situé entre la plate-forme jurassienne (faciès margino-littoraux et néritiques) et le domaine subalpin (dépôts hémipélagiques), avec la formation d'un vaste estran siliciclastique (haut-fond progradant correspondant à un important prisme d'accrétion sédimentaire) entre le Jura central et les Chaînes subalpines septentrionales [Détraz et Mojon, 1989]. Ainsi, un important détritisme quartzeux et de remarquables faciès émergifs de type Vions ont-ils pu se développer en Chartreuse occidentale (La Pointière) dans la partie supérieure de la Formation d'Allèves. Ces dépôts devaient constituer une sorte de cordon insulaire au relief presque continu depuis le Jura jusqu'en Chartreuse occidentale, où les faciès émergifs de type Vions correspondent probablement à la partie surélevée et émergente d'un mégabloc basculé.

Cette instabilité de la bordure méridionale de la plate-forme jurassienne au Berriasien supérieur peut être facilement démontrée au Val de Fier. En effet, dans les coupes du Val de Fier ouest et du Val de Fier est distantes de moins de 3 km, la Formation de Vions présente des faciès totalement différents. Ainsi, les alternances marno-calcaires de type subalpin à faune d'Ostracodes franchement marine du Val de Fier ouest correspondent latéralement au faciès typiquement jurassiens du Val de Fier est tels qu'un paléosol à traces de racines et plusieurs horizons marneux à Charophytes et à débris ligniteux. Dans la coupe du Val de Fier est, qui est très comparable à celle du Molard de Vions

située un peu plus au sud, l'horizon à *P. allobroensis* est caractérisé comme sur le reste de la plate-forme jurassienne par l'apport massif de quartz détritique fin. À Val de Fier ouest, l'arrivée du quartz détritique semble beaucoup plus tardive et se marque dans les alternances marno-calcaires à environ 7 m au-dessus de l'horizon-repère à *P. allobroensis*, une situation tout à fait comparable à celle qui se présente dans la Formation d'Allèves du domaine présubalpin.

Une part importante de cette étude est représentée par la synthèse et la révision de données micropaléontologiques déjà connues, un important matériel ayant été récolté dans les coupes et forages de la Formation de Vions du Jura français central et méridional ainsi que dans son équivalent latéral en Chartreuse occidentale (Formation d'Allèves).

La première étude de la faune d'Ostracodes de la Formation de Vions du Jura méridional a été réalisée par Oertli et Steinhauser [1969] dans la coupe du Molard de Vions, où ces auteurs ont mis en évidence une riche faune d'Ostracodes au niveau de l'horizon à *Pavlovicina allobroensis*. L'âge indubitablement crétacé (Berriasien) de cette faune fut déduit d'après ses grandes affinités avec celles du Berriasio-Valanginien du Sud-Est de la France [massifs subalpins septentrionaux et domaine vocontien ; Donze, 1964, 1965, 1968] et du Valanginien du Jura suisse [Oertli, 1966].

Plus tard, ces premiers résultats furent complétés dans une importante mesure par Donze [1969, 1973a, 1973b], notamment en ce qui concerne les faciès médio-littoraux émergifs et circalittoraux à influences hémipélagiques de la Formation de Vions. Ainsi, l'horizon de la coupe du Molard de Vions se rapporte à un paléoenvironnement marin côtier, où la présence d'Ostracodes d'eau douce à saumâtre indique un fort confinement et une faible tranche d'eau. En revanche, la présence d'organismes hémipélagiques (Calpionelles) dans la partie moyenne-supérieure de la Formation de Vions du Jura méridional indique des apports de mer ouverte et un accroissement notable de la profondeur. Aussi est-il normal que les faunes d'Ostracodes marins y présentent une grande affinité avec celles du Berriasien du domaine présubalpin [Formations du Chéran et d'Allèves ; Steinhauser, 1969, 1970] et du "bassin" delphino-helvétique [domaine subalpin, massifs subalpins septentrionaux ; Donze, 1964, 1967, 1973a, 1975].

L'inventaire micropaléontologique détaillé ci-dessous regroupe l'ensemble du matériel récolté dans les Formations de Vions et d'Allèves :

CHAROPHYTES (pour la taxonomie, voir aussi liste § 1.3)

Clavatoracées :

Hemiglobator steinhauseri (MOJON, 1989) MOJON, 2002.

Hemiglobator nurrensis (PECORINI, 1969) MOJON, 2002.
Perimneste micrandra.

Flabellochara grovesi (thalles essentiellement).

Porocharacées :*Porochara jaccardi*.*Feistiella bijuescensis* M.E. SCHUDACK, 1986.**Characées :***Mesochara* gr. *harrisi*.

OSTRACODES (pour la taxonomie, voir aussi liste § 1.3) :

– milieu lacustre :*Cypridea valdensis obliqua* WOLBURG, 1959.*Darwinula leguminella*.**– milieu lagunaire saumâtre à salinité variable :***Fabanella boloniensis*.*Macrodentina (Dictyocythere) mediostricta mediostricta* (SYLVESTER-BRADLEY, 1956) – MALZ, 1958.**– milieu marin confiné, très saumâtre :***Lycocythere sabaudiae* DONZE, 1964.*Paranotocythere favulata*.*Kentrodictyocythere typica*.**– milieu marin** (pour la taxonomie, voir aussi listes § 1.5 et 3.3) :*Valencythere helvetica*.*Valencythere divisa*.*Valencythere emslandensis*.*Pseudoprotocythere aubersonensis*.*Protocythere mazenoti* DONZE, 1973b.*Protocythere humilis* DONZE, 1965.*Protocythere ? gondranensis* DONZE, 1964.*Cythereis donzei* MOJON, 1999.*Parexophthalmocythere berriasensis* DONZE, 1965.*Exophthalmocythere pustulosa* DONZE, 1964.*Exophthalmocythere insignis* DONZE, 1965.*Bairdia major* DONZE, 1964.*Paracypris arcuatilis* DONZE, 1964.*Pontocyprilla pertuisi* DONZE, 1964.*Neocythere flandrini* DONZE, 1964.*Eocytheropteron abundans* (DONZE, 1964) – [in Oertli et Steinhauser, 1969].*Vocontiana longicostata* DONZE, 1968.*Phlyctocythere ? globulata* DONZE, 1968.*Pseudobytyocythere ? tenuis* DONZE, 1965.*Polycope* sp.*Dolocythere* sp.*Euryitycythere subtilis* BARTENSTEIN & BRAND, 1959 (in BARTENSTEIN, 1959b).*Raymoorea peculiaris* (DONZE, 1965) – NEALE, 1967.*Cytherelloidea* aff. *rehburgensis* BARTENSTEIN & BRAND, 1959 (in BARTENSTEIN, 1959b).*Cytherelloidea marignacensis* DONZE, 1967.*Schuleridea mediocaudata mediocaudata* DONZE, 1964.*Schuleridea mediocaudata parallela* DONZE, 1964.*Schuleridea* aff. *juddi* NEALE, 1962.*Schuleridea* aff. *praethoerenensis* BARTENSTEIN & BRAND, 1951.*Asciocythere circumdata* (DONZE, 1964) – [in Oertli & Steinhauser, 1969].*Asciocythere montis* (DONZE, 1964) – [in Oertli & Steinhauser, 1969].*Cytherella elongata* DONZE, 1964.*Cytherella dilatata* DONZE, 1964.*Cytherella turgida* DONZE, 1964.*Kentrodictyocythere oblitterata* DONZE, 1968.*Xestoleberis ? dimorpha* DONZE, 1964.*Xestoleberis ? alta* DONZE, 1964.*Monoceratina sculpta* DONZE, 1964.*Monoceratina ? burgensis* DONZE, 1964.*Acrocythere diversa* DONZE, 1964.*Acrocythere constricta* DONZE, 1965.*Acrocythere bicostata* DONZE, 1968.

FORAMINIFÈRES BENTHIQUES (pour la taxonomie, voir aussi liste § 1.5) :

Soritidés :*Pavlovecina allobrogensis* (STEINHAUSER, BRÖNNIMANN & KOEHN-ZANINETTI, 1969) – LOEBLICH & TAPPAN, 1988.**Involutinidés :***Trocholina* gr. *alpina-elongata*.*Protopeneroplis trochangulata* SEPTFONTAINE, 1974.**Lituolidés :***Pseudocyclammina lituus*.*Ammobaculites* sp.*Choffatella pyrenaica* PEYBERNÈS & REY, 1975.*Nautiloculina cretacea*.*Nautiloculina broennimanni*..*Ammocycloloculina erratica* (JOUKOWSKI & FAVRE, 1913) – MAYNC, 1958b.**Pavonitidés :***Pfenderina neocomiensis* (PFENDER, 1938) – HENSON, 1948.*Pfenderina* aff. *neocomiensis* (PFENDER, 1938).**Ataxophragmiidés :***Pseudotextulariella courtionensis* BRÖNNIMANN, 1966.**Textulariidés :***Montsalevia* gr. *elevata* ZANINETTI, SALVINI-BONNARD, CHAROLLAIS & DECROUEZ, 1987.**Orbitolinidés :***Cribellopsis* sp.**Miliolidés.****DASYCLADACÉES :***Zergabriella embergeri* (BOUROLLEC & DELOFFRE) GRANIER, 1989b.*Clypeina jurassica* FAVRE, 1927.**GASTÉROPODES LAGUNO-LACUSTRES :**Opercules de *Cyclophoroidea*.*Gyraulus* sp.

PALYNOFLORE CONTINENTALE [Taugourdeau-Lantz et Donze, 1971 ; dét. J. Médus 1989 in Médus et Mojon, 1991] :

SPORES

Bryophytes ? :

Aratrisporites sp.

Bullasporis aequatorialis KRUTZSCH.

Bullasporis minibullata DÖRHÖFER.

Sphagnumsporites limosus TAUGOURDEAU-LANTZ.

Ptéridophytes :

Alisporites bilateralis ROUSE.

Appendicisporites stylosus (THIERGART) DEAK.

Ceratosporites sp.

Cerebropollenites mesozoicus (COUPER) NILSSON.

Converrucosisporites proxigranulatus BRENNER.

Converrucosisporites variverrucatus (COUPER) NORRIS.

Coptospora catherinae TAUGOURDEAU-LANTZ.

Corrugatisporites toratus WEYLAND & GREIFELD.

Cyathidites australis COUPER.

Cyathidites minor COUPER.

Cymbosporites donzi TAUGOURDEAU-LANTZ.

Deltoidospora germanica DÖRHÖFER.

Densoisporites microrugulatus BRENNER.

Densoisporites velatus WEYLAND & KRIEGER.

Dictyophyllidites adiaphoros PHILIPS & FELIX.

Dictyophyllidites equixinus (COUPER) DETTMANN.

Dictyophyllidites harisii COUPER.

Dictyophyllidites sp.

Gemmatriletes morulus PIERCE.

Ischyosporites estherae DEAK.

Klukisporites pseudoreticulatus COUPER.

Leiotriletes belowensis DÖRING.

Leiotriletes mecklenburgensis DÖRING.

Leiotriletes torisimilis DÖRING.

Leptolepidites epacornatus NORRIS.

Lygodioisporites perverrucatus COUPER.

Marattisporites scabratus COUPER.

Microreticulatisporites diatretus NORRIS.

Osmundacites wellmanii COUPER.

Pollenites serratus R. POTONIÉ.

Sestrosporites pseudoalveolatus (COUPER) DETTMANN.

Staplinisporites caminus (BALME) POCKOCK.

Tigrisporites scurrandus NORRIS.

Trilobosporites aequiverrucosus DÖRHÖFER.

Trilobosporites bernissartensis (DELCOURT & SPRUMONT) R. POTONIÉ.

Trilobosporites aequiverrucosus DÖRHÖFER.

Trilobosporites crassangularis DÖRING.

Trilobosporites obsitus NORRIS.

Trilobosporites weylandii DÖRING.

– type *Gleicheniacées* :

Gleicheniidites senonicus ROSS.

Gleicheniidites sp.

– type *Schizéacées* :

Anemia schimperiana PRESL.

Anemia tenella (CAVANILES) SWARTZ.

Biorecord cicatr 9 AP [in Hughes et Moody-Stuart, 1969].

Cicatricosisporites striatus ROUSE.

Sphénophytes ? :

Spheripollenites psilatus BURGER.

Lycophytes :

Lycopodiumsporites cf. *elongatus* DELCOURT & SPRUMONT.

– mégaspores :

Echitriteles cf. *lanatus* (DIJKSTRA) R. POTONIÉ.

Hortisporites reticuliferus (DIJKSTRA) R. POTONIÉ.

Trileites cf. *discoïdes* (DIJKSTRA) R. POTONIÉ.

Trileites persimilis (HARRIS) R. POTONIÉ.

Verrutriteles carbunculus (DIJKSTRA) R. POTONIÉ.

POLLENS :

Caytoniales (Gymnospermes primitives) :

Eucommiidites minor GROOT & PENNY.

Eucommiidites troedssonii ERDTMAN.

Eucommiidites sp.

Vitreisporites pallidus (REISSINGER) NILSSON.

Conifères (Biaillés) :

Abietinaepollenites microalatus (R. POTONIÉ) R. POTONIÉ.

Applanopsis dampieri (BALME) DÖRING.

Applanopsis turbatus (BALME) DÖRHÖFER.

Pinus sp.

Cheiolépidiacées :

Classopollis torosus (REISSINGER) BALME.

Podocarpacées :

Parvisaccites radiatus COUPER.

Podocarpidites sp.

Rugubivesiculites reductus PIERCE.

DINOKYSTES MARINS (rares).

2.2. Description de la coupe du Chapeau de Gendarme (fig. 39)

Coupe étudiée par Mouty [1966] et Waehry [1988]. Échantillons CGv 1 à 64.

2.2.1. Formation de Pierre-Châtel (partie sommitale)

– **CGv 1-2.** Calcaires massifs (wackestone) blanchâtres à beiges (CGv 2), avec Foraminifères benthiques (Trocholines, Miliolles, *Pseudocyclammina lituus*), Dasycladacées, débris coquilliers de Brachiopodes, intraclastes et un peu de quartz détritique fin. Le banc CGv 2 est encadré par deux horizons marneux jaunâtres à rougeâtres (niveaux rubéfiés de condensation) et est perforé par des lithophages (bioturbations à remplissages siliciclastiques jaune foncé avec Trocholines, Pseudocyclammines, intraclastes). Faciès de lagon marin (CGv 1) à restreint (CGv 2).

– **CGv 3 à 6.** Calcaires massifs beiges (wackestone), avec oïdes micritisés, débris coquilliers divers (Lamelibranches, Gastéropodes/Nérinées), Foraminifères benthiques (Trocholines, Miliolles, *Pseudotextulariella*

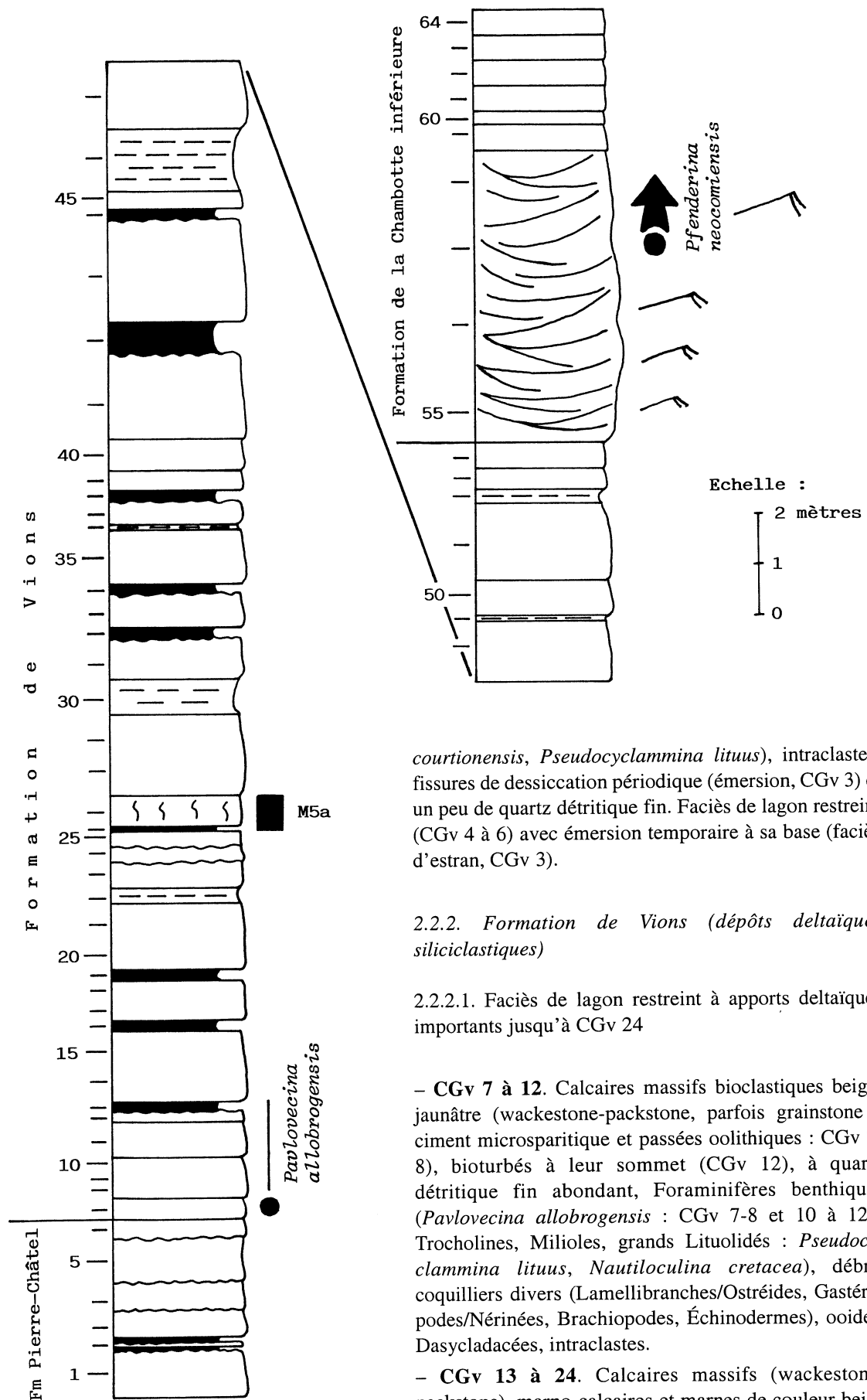


FIG. 39. – Levé de la coupe du Chapeau de Gendarme (Jura français central).

courtionensis, *Pseudocyclammina lituus*), intraclastes, fissures de dessiccation périodique (émersion, CGv 3) et un peu de quartz détritique fin. Faciès de lagon restreint (CGv 4 à 6) avec émersion temporaire à sa base (faciès d'estran, CGv 3).

2.2.2. Formation de Vions (dépôts deltaïques siliciclastiques)

2.2.2.1. Faciès de lagon restreint à apports deltaïques importants jusqu'à CGv 24

– **CGv 7 à 12.** Calcaires massifs bioclastiques beige-jaunâtre (wackestone-packstone, parfois grainstone à ciment microsparitique et passées oolithiques : CGv 7-8), bioturbés à leur sommet (CGv 12), à quartz détritique fin abondant, Foraminifères benthiques (*Pavlovecina allobrogensis* : CGv 7-8 et 10 à 12 ; Trocholines, Miliolles, grands Lituolidés : *Pseudocyclammina lituus*, *Nautiloculina cretacea*), débris coquilliers divers (Lamellibranches/Ostréides, Gastéropodes/Nérinées, Brachiopodes, Échinodermes), ooides, Dasycladacées, intraclastes.

– **CGv 13 à 24.** Calcaires massifs (wackestone-packstone), marno-calcaires et marnes de couleur beige à grise en général assez foncée (jaunâtre par altération), ferrugineux, à quartz détritique fin et pyrite abondants, débris coquilliers divers (Lamellibranches, Gastéropodes, Brachiopodes, Échinodermes, Ostréides, Trocholines, Miliolles, Lituolides, Foraminifères benthiques).

podes/Nérinées, Brachiopodes, Échinodermes), Foraminifères benthiques (Trocholines, Miliolles, Pseudocyclammines), oolites (passées oolithiques : CGv 14-15 et 20-21), intraclastes, pellets. Les niveaux marneux (CGv 13, 16, 19) sont fortement bioturbés, siliciclastiques et ont livré des microfossiles marins.

– **CGv 13.** Foraminifères benthiques : *Pavlovecina allobroensis*, *Pseudocyclamina lituus*. Débris d'Échinodermes (radioles d'Échinidés). Vertébrés : dents broyeuses de Pycnodontidés (poissons Téléostéens/Actinoptérygiens).

– **CGv 16.** Foraminifères benthiques : *Pseudocyclamina lituus*. Débris d'Ostréides et d'Échinodermes (Échinidés, Crinoïdes).

– **CGv 19.** Ostracodes marins : *Valendocythere divisa*, *Schuleridea* sp. Foraminifères benthiques : *Trocholina* gr. *alpina-elongata*. Débris d'Échinodermes (radioles d'Échinidés).

2.2.2.2. Faciès d'estran deltaïque à flaques d'eau douce entre CGv 25 et 27

– **CGv 25.** Calcaire massif (mudstone) gris clair, avec quartz détritique fin.

– **CGv 26.** Marne brune à microfossiles marins et laguno-lacustres (très corrodés et abîmés) de la Cénozone continentale M5a. Charophytes : *Hemiglobator* cf. *nurrensis*. Gastéropodes : *Gyraulus* sp. Débris d'Échinodermes (radioles d'Échinidés). Dents de Pycnodontidés (poissons Téléostéens/ Actinoptérygiens).

– **CGv 27.** Calcaire massif (wackestone) beige clair, fortement bioturbé et injecté par le faciès sus-jacent CGv 28, avec microfossiles laguno-lacustres de la Cénozone continentale M5a. Charophytes : *Hemiglobator nurrensis*, thalles de Clavatoracées indét. Ostracodes : *Cypridea valdensis obliqua*. Quartz détritique fin abondant.

2.2.2.3. Faciès de lagon restreint à apports deltaïques importants entre CGv 28 et 46

– **CGv 28-29.** Calcaire massif (packstone) gris, avec passées oolithiques, débris coquilliers de Lamellibranches (Ostréides) et de Gastéropodes, Dasycladacées (*Zergabriella embergeri*), Foraminifères benthiques (Miliolles, Pseudocyclammines), quartz détritique fin abondant.

– **CGv 30 à 46.** Calcaires massifs (mudstone : CGv 33 ; wackestone-packstone), marno-calcaires et marnes de couleur généralement grise assez foncée (brun-roux par altération), ferrugineux, fortement bioturbés, d'aspect gréseux et silteux (riches en quartz détritique fin), pyrite abondante (milieu de dépôt anoxique), petits oolites micritisés et noircis, intraclastes, débris coquilliers

divers (Lamellibranches parfois perforés par des lithophages : CGv 43 ; Gastéropodes, Brachiopodes, Échinodermes), Dasycladacées (*Zergabriella embergeri* : CGv 46), débris d'Ostracodes (CGv 33), quelques Foraminifères benthiques. Les niveaux marneux et marno-calcaires CGv 32-34-36-38-42-44 ont livré des microfossiles marins et de milieu lagunaire saumâtre.

– **CGv 32.** Ostracodes de milieu lagunaire saumâtre : *Macrodentina (Dictyocythere) mediostricta mediostricta*. Ostracodes marins : *Valendocythere divisa*, *Neocythere flandrini*, *Asciocythere montis*. Dasycladacées : *Zergabriella embergeri*. Foraminifères benthiques : *Ammobaculites* sp. Débris d'Échinodermes (radioles d'Échinidés). Dents broyeuses de Pycnodontidés (poissons Téléostéens/Actinoptérygiens).

– **CGv 34.** Ostracodes de milieu lagunaire saumâtre : *Macrodentina (Dictyocythere) mediostricta mediostricta*, *Lycoperocypris sabaudiae*. Ostracodes marins : *Valendocythere divisa*, *Asciocythere montis*, *Schuleridea* gr. *mediocaudata*, *Schuleridea* aff. *praethoerensis*, *Cytherelloidea* aff. *rehburgensis*, *Pontocyprilla pertuisi*. Foraminifères benthiques : *Choffatella pyrenaica*, *Nautiloculina cretacea*. Gros débris de Lamellibranches (Ostréides). Débris d'Échinodermes (radioles d'Échinidés, articles de Crinoïdes).

– **CGv 36.** Ostracodes marins : *Valendocythere divisa*. Foraminifères benthiques : *Trocholina* gr. *alpina-elongata*, *Ammobaculites* sp., *Nautiloculina broennimanni*.

– **CGv 38.** Foraminifères benthiques : *Nautiloculina cretacea*. Débris d'Échinodermes (radioles d'Échinidés, articles de Crinoïdes). Nérinées.

– **CGv 42.** Ostracodes de milieu lagunaire saumâtre : *Macrodentina (Dictyocythere) mediostricta mediostricta*. Ostracodes marins : *Valendocythere helvetica*, *Valendocythere divisa*, *Asciocythere montis*, *Schuleridea* gr. *mediocaudata*, *Neocythere flandrini*, *Bairdia major*, *Cytherella elongata*, *Xestoleberis? dimorpha*. Foraminifères benthiques : *Ammobaculites* sp., *Choffatella pyrenaica*, *Nautiloculina cretacea*, *Nautiloculina broennimanni*, Lenticulines. Débris de Lamellibranches (Ostréides) et d'Échinodermes (radioles d'Échinidés, articles de Crinoïdes).

– **CGv 44.** Ostracodes de milieu lagunaire saumâtre : *Lycoperocypris sabaudiae*. Ostracodes marins : *Valendocythere divisa*, *Pseudoprotocythere aubersonensis*, *Neocythere flandrini*. Foraminifères benthiques : *Choffatella pyrenaica*, Lenticulines. Débris de Bryozoaires et d'Échinodermes (radioles d'Échinidés, articles de Crinoïdes).

2.2.2.4. Faciès de lagon restreint à apports deltaïques décroissants entre CGv 47 et 54.

– **CGv 47 à 54.** Calcaires massifs (wackestone-packstone) et marno-calcaires d'aspect graveleux gris

foncé à beige foncé (CGv 54), oolithiques et bioclastiques, nombreuses bioturbations, ooides micritisés et noircis (CGv 48 à 50) par de la pyrite et de la matière organique, débris coquilliers divers (Lamellibranches/Ostréides, Brachiopodes, Échinodermes, Coraux, Bryozoaires), Dasycladacées (*Zergabriella embergeri* : CGv 48 à 50), Ostracodes de milieu lagunaire saumâtre (*Macrodentina* gr. *mediostricta* : CGv 48 à 50), Foraminifères benthiques (Trocholines, Miliolles, Pseudocyclammines), intraclastes, pellets, un peu de quartz détritique fin. Les niveaux marno-calcaires CGv 49 et 52 ont livré des microfossiles marins.

– **CGv 49.** Ostracodes marins : *Valencythere helvetica*. Foraminifères benthiques : *Trocholina* gr. *alpina-elongata*, Miliolles, Lituolidés : *Ammobaculites* sp., *Pseudocyclammina lituus*, *Choffatella pyrenaica*, *Nautiloculina cretacea*, *Nautiloculina broennimanni* ; Orbitolinidés : *Cribellopsis* sp., Dasycladacées : *Zergabriella embergeri*. Débris de Bryozoaires.

– **CGv 52.** Foraminifères benthiques : *Trocholina* gr. *alpina-elongata*, *Pseudocyclammina lituus*, *Choffatella pyrenaica*, *Nautiloculina cretacea*, *Nautiloculina broennimanni*, Lenticulines. Débris d'Échinodermes (Échinidés).

2.2.3. Formation de la Chambotte (partie inférieure)

– **CGv 55 à 64.** Calcaires massifs bioclastiques et oolithiques (grainstone à ciment sparitique) jaunâtres (CGv 55 à 58) à blanchâtres (CGv 59 à 64), nombreux Foraminifères benthiques (*Pfenderina neocomiensis*, Trocholines, Ataxophragmiidés, Miliolles, Lituolidés : *Pseudocyclammina lituus*, *Nautiloculina cretacea*, *Nautiloculina broennimanni* ; Orbitolinidés primitifs : *Cribellopsis* sp., *Valdanchella* aff. *miliani*, *Paracoskinolina pfenderae*), débris coquilliers divers (Lamellibranches, Gastéropodes/Nérinées, Brachiopodes, Échinodermes, Stromatopores : CGv 58), ooides et intraclastes abondants, pellets. Les niveaux CGv 55 à 58 sont constitués de petits bancs décimétriques (10-20 cm) formant des stratifications entrecroisées (rides de courant). Les Pfendérines, les Orbitolinidés ainsi que la plupart des autres Foraminifères benthiques apparaissent et ne deviennent abondants que dans la partie moyenne-supérieure des calcaires à stratifications entrecroisées (CGv 57), qui représentent probablement l'équivalent latéral des Marnes d'Arzier et du Membre du Guiers.

2.3. Description de la coupe de la carrière de Monnetier (Salève) (fig. 40)

Coupe anciennement étudiée par Joukowski et Favre [1913], puis reprise par Zaninetti *et al.* [1988]. Échantillons MC 1 à 128.

2.3.1. Formation de Pierre-Châtel (partie sommitale)

Faciès de lagon marin à restreint, avec émergence et installation d'un faciès terrestre (paléosol de type calcrête).

– **MC 1 à 8.** Bancs calcaires blanchâtres (packstone-wackestone) d'aspect crayeux, poreux, avec bioturbations (MC 2 et 7), Foraminifères benthiques abondants (Trocholines, Ataxophragmiidés : *Valvulina* aff. *lugeoni* ; Miliolles, *Pseudotextulariella courtionensis*, *Pseudocyclammina lituus*, Nautiloculines, *Feurtillia* aff. *frequens*), Dasycladacées, quelques oncoïdes (MC 5 et 7), débris coquilliers divers (Lamellibranches/Ostréides, Gastéropodes/Nérinées, Brachiopodes, Échinodermes), quelques Serpules (MC 2 et 8), Bryozoaires (MC 5) et *bird's eyes* (MC 6), pellets, sommet de cette suite de bancs (MC 8) avec petits intraclastes et pédogénèse (rhizolithes, calcrétisation). Les interbancs MC 3 à 7 sont irréguliers (surfaces ondulées) et rubéfiés.

– **MC 9.** Croûte calcaire irrégulière (mudstone) de couleur beige foncé à structure laminée (croûte zonaire) et traces de rhizolithes (petites racines) correspondant à un calcrête (paléosol) *in situ*.

– **MC 10 à 14.** Bancs calcaires blanchâtres d'aspect crayeux (packstone, MC 10-11), à beige clair plus massif (wackestone, MC 12 à 14), fortement bioturbés (bioturbations remplies de marne verte ou de sparite, avec auréoles ferrugineuses, MC 14), avec Foraminifères benthiques (Miliolles, Trocholines : *Trocholina* gr. *alpina-elongata* ; Ataxophragmiidés : "Valvulines" ; Lituolidés : *Pseudocyclammina lituus*, Nautiloculines), petits oncoïdes parfois abondants (MC 10 et 12), Dasycladacées, débris coquilliers divers (Lamellibranches/Ostréides, Gastéropodes/Nérinées, Brachiopodes), Ostracodes, quelques petits intraclastes (MC 10), Serpules (MC 12) et *bird's eyes* (MC 13).

2.3.2. Formation de Vions

Dépôts deltaïques estuariens et siliciclastiques de type wealdien. Faciès de lagon restreint avec paléosols de marécages périodiquement émergés (équivalents de paléomangroves) et intercalations laguno-lacustres.

– **MC 15.** Petit banc calcaire gris foncé (wackestone), d'aspect bréchifié et très bioturbé (grosses bioturbations colmatées par de la marne verte ou de la sparite avec voiles bactériens de type microbialithes), avec nombreux Foraminifères benthiques (Miliolles, Trocholines, *Pavlovecina allobroensis*), Dasycladacées (dont *Clupeina jurassica*), petits oncoïdes, débris coquilliers divers (Lamellibranches, Gastéropodes, Échinodermes), un peu de quartz détritique fin et de glauconie.

– **MC 16.** Marne verdâtre (jaunâtre par altération) à microfossiles marins et laguno-lacustres. Ostracodes : *Bairdia* sp., *Xestoleberis*? sp. Gastéropodes : opercules de *Cyclophoroidea*. Foraminifères benthiques :

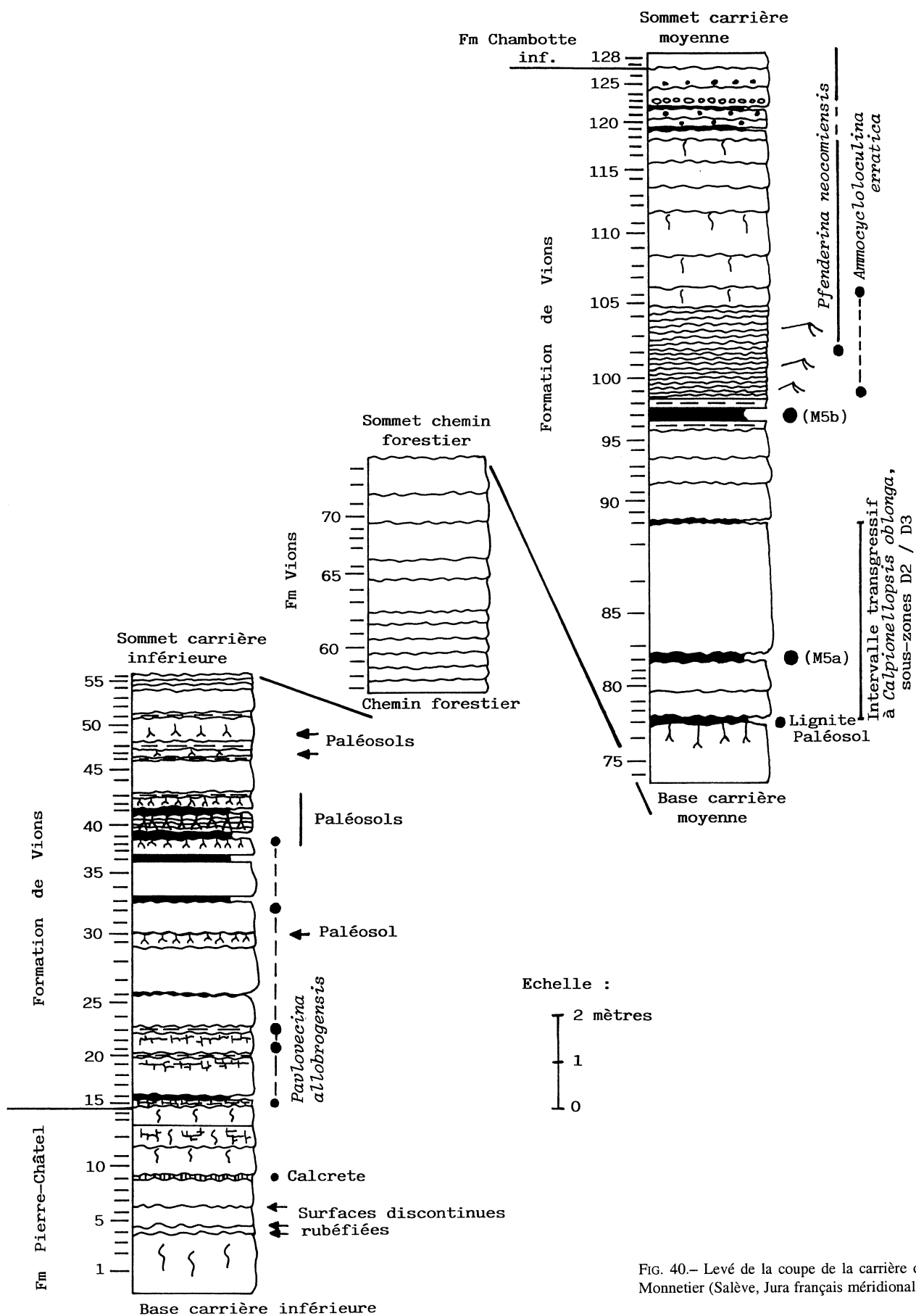


FIG. 40.— Levé de la coupe de la carrière de Monnetier (Salève, Jura français méridional).

Pavlovecina allobroensis, Ataxophragmiidés, petits Lituolidés.

– **MC 17 à 19.** Banc calcaire gris-beige foncé (wackestone-mudstone), à taches grisâtres ou ferrugineuses, avec quelques Miliolites, petits intraclastes et oncoïdes, Dasycladacées, débris coquilliers de Lamellibranches, un peu de quartz détritique fin. Partie supérieure bréchifiée (MC 19) avec pédogénèse (fissures de dessiccation périodique et rhizolithes, MC 18-19).

– **MC 20.** Petit banc marno-calcaire et siliciclastique gris, d'aspect feuilleté.

– **MC 21-22.** Banc calcaire (packstone) gris à beige foncé (par altération), un peu de quartz détritique fin, ooides micritisés, gros oncoïdes, intraclastes, Dasycladacées, nombreux Foraminifères benthiques (Trocholines, Ataxophragmiidés, Miliolites, Pseudocyclammines, Nautiloculines, *Pseudotextulariella courtionensis*, *Pavlovecina allobroensis*), débris coquilliers divers (Lamellibranches/Ostréides micritisés, Échinodermes). Partie supérieure bréchifiée, à texture plus fine (MC 22).

– **MC 23.** Petit banc marno-calcaire et siliciclastique gris, avec un peu de marne verdâtre à microfossiles marins. Foraminifères benthiques : *Trocholina* gr. *alpina-elongata*, *Pseudocyclammina lituus*, *Ammobaculites* sp., *Nautiloculina cretacea*, *Feurtillia* aff. *frequens*, *Pavlovecina allobroensis*, Miliolites.

– **MC 24-25.** Banc calcaire beige foncé à beige clair (packstone-wackestone), avec taches ferrugineuses, un peu de quartz détritique, *bird's eyes*, petits oncoïdes, ooides micritisés, petits intraclastes, quelques Miliolites, débris coquilliers divers (Lamellibranches, Gastéropodes, Brachiopodes, Bryozoaires).

– **MC 26.** Joint marno-calcaire et siliciclastique beige.

– **MC 27 à 32.** Bancs calcaires beiges (packstone) à taches ferrugineuses (MC 27 à 29), avec ooides micritisés, petits intraclastes et oncoïdes, Foraminifères benthiques (Trocholines, Ataxophragmiidés, Miliolites, Pseudocyclammines, Nautiloculines, *Pseudotextulariella courtionensis* : MC 29 ; *Pavlovecina allobroensis* remaniés), débris coquilliers divers (Lamellibranches/Ostréides, Gastéropodes/Nérinées, Brachiopodes, Échinodermes, Bryozoaires : MC 30), quartz détritique fin en général peu abondant et surtout concentré au niveau du joint marno-calcaire beige foncé-brun (MC 30) à traces ligniteuses de racines (paléosol).

– **MC 33.** Marne siliciclastique brunâtre, ferrugineuse, avec débris ligniteux.

– **MC 34-35.** Bancs calcaires beige clair (packstone) à taches ferrugineuses, avec un peu de quartz détritique fin, quelques petites bioturbations (MC 35), ooides micritisés, petits intraclastes, Foraminifères benthiques (Trocholines, Ataxophragmiidés, Miliolites, *Pavlovecina allobroensis* remaniés), débris coquilliers divers (Gastéropodes, Brachiopodes).

– **MC 36.** Marne siliciclastique beige, avec microfossiles marins et laguno-lacustres. Ostracodes : *Fabianella boloniensis*, *Valendocythere* sp., *Cythereis*

donzei, *Eocytheropteron abundens*, *Cytherella elongata*. Gastéropodes : opercules de *Cyclophoroidea*. Foraminifères benthiques : *Pavlovecina allobroensis*, *Pseudocyclammina lituus*, *Nautiloculina cretacea*.

– **MC 37-38.** Banc calcaire de couleur gris-beige foncé. Échantillon MC 37 (wackestone) avec quartz détritique fin abondant, taches ferrugineuses, bioturbations remplies de packstone sus-jacent, quelques petits intraclastes et Miliolites, fissures de dessiccation périodique bien développées. Échantillon MC 38 (packstone) avec un peu de quartz détritique fin, ooides micritisés, petits intraclastes, débris coquilliers divers (Lamellibranches/Ostréides, Gastéropodes, Bryozoaires), nombreux Foraminifères benthiques (Trocholines, Ataxophragmiidés, Miliolites, *Pseudocyclammina lituus*, Nautiloculines, Lenticulines, *Pavlovecina allobroensis* remaniés), traces ligniteuses de racines très apparentes (paléosol).

– **MC 39.** Marne siliciclastique jaunâtre, ferrugineuse, avec microfossiles marins et laguno-lacustres. Ostracodes : *Lycocypris sabaudiae*, *Cythereis donzei*, *Bairdia major*, *Pontocyprilla pertuisi*, *Eocytheropteron abundens*, *Schuleridea* aff. *praethoerenensis*, *Asciocythere montis*. Foraminifères benthiques : *Trocholina* gr. *alpina-elongata*, *Nautiloculina cretacea*, Miliolites. Gros débris de Nérinées.

– **MC 40 à 42.** Bancs calcaires (wackestone) beige foncé, à grain très fin et taches ferrugineuses. Banc MC 40 très délitable avec joints de stratification ondulés, quartz détritique fin abondant, Trocholines, Miliolites, quelques oncoïdes, débris de Gastéropodes et surtout magnifiques traces ligniteuses de racines très développées et bien apparentes (importants paléosols de marécages). Bancs séparés par un niveau marneux siliciclastique beige-jaunâtre et ferrugineux (MC 41).

– **MC 43.** Petit banc marno-calcaire et siliciclastique beige foncé, avec traces ligniteuses de racines (paléosol).

– **MC 44-45.** Bancs calcaires beige clair (packstone fin à grossier vers le haut, MC 45), un peu de quartz détritique, quelques petites bioturbations (MC 44), ooides, petits intraclastes et oncoïdes (en partie ferrugineux dans MC 45), débris coquilliers (Lamellibranches/Ostréides, Gastéropodes/Nérinées), Foraminifères benthiques (Trocholines, Miliolites, Pseudocyclammines).

– **MC 46.** Banc marno-calcaire et siliciclastique gris, d'aspect feuilleté.

– **MC 47.** Calcaire gris clair (mudstone) avec un peu de quartz détritique fin, quelques bioturbations remplies de packstone sus-jacent (MC 48), fissures de dessiccation périodique et traces ligniteuses de racines bien développées (paléosol).

– **MC 48 à 56.** Bancs calcaires beige foncé (MC 48 à 52) à beige clair jaunâtre (MC 53 à 56) et marno-calcaires siliciclastiques beige foncé (MC 48 et 51). En général, texture de type packstone, parfois grainstone

oolithique à ciment microsparitique (MC 52, 55, 56). Aspect ferrugineux et quartz détritique fin peu abondant dans l'ensemble, quelques bioturbations (MC 52), ooides très souvent micritisés (sauf dans le banc MC 56), nombreux Foraminifères benthiques (Trocholines, Ataxophragmiidés, Miliolles, Pseudocyclammines : MC 56 en particulier ; Nautiloculines ; Lenticulines : MC 52 et 56 ; *Pseudotextulariella courtionensis* : MC 52 et 53), petits oncoïdes, Dasycladacées (Clypéines), petits intraclastes, débris coquilliers divers (Lamellibranches/Ostréides, Gastéropodes/Nérinées, Brachiopodes, Échinodermes). Échantillons MC 49 avec fissures de dessiccation périodique et traces ligniteuses de racines (paléosol).

– **MC 57 à 73.** Bancs calcaires massifs de couleur beige plus ou moins foncée. En général, texture de type packstone, parfois grainstone oolithique à ciment microsparitique (MC 58 à 60, 64, 69). Sédiments assez grossiers avec quelques passées fines (MC 57, 59, 62, 66 à 68), quartz détritique fin peu abondant et surtout concentré dans les passées fines, quelques bioturbations (MC 57, souvent remplies de grainstone jaunâtre et ferrugineux dans les échantillons MC 63, 65, 70), nombreux Foraminifères benthiques (Trocholines, Ataxophragmiidés, Miliolles, Pseudocyclammines : MC 58 à 61 en particulier ; Nautiloculines ; *Pseudotextulariella courtionensis* : MC 61), ooides souvent micritisés (MC 72, micritisés et ferrugineux dans MC 57-58, 63, 70-71), petits oncoïdes, Dasycladacées (Clypéines), petits intraclastes, débris coquilliers divers (Lamellibranches/Ostréides parfois micritisés dans MC 61, Gastéropodes/Nérinées, Brachiopodes, Échinodermes, Bryozoaires : MC 60, 65, 72), rares Serpules (MC 61).

– **MC 74 à 76.** Gros banc calcaire massif gris-beige foncé (packstone) à superbes traces ligniteuses de racines (paléosol), ferrugineux dans sa partie supérieure (MC 76 à texture grossière et de teinte rougeâtre), avec pyrite (milieu de dépôt anoxique, MC 74), gros oncoïdes abondants (MC 75-76), nombreux Foraminifères benthiques (Trocholines, Ataxophragmiidés, Miliolles, Pseudocyclammines), intraclastes, ooides micritisés, débris coquilliers divers (Lamelli-branches/Ostréides, Gastéropodes, Brachiopodes, Bryozoaires) et un peu de quartz détritique fin.

– **MC 77.** Marne siliciclastique et ligniteuse beige foncé à noire formant des "poches" irrégulières et discontinues, avec gros fragments charbonneux et microfossiles laguno-lacustres et marins. Charophytes : *Porochara jaccardi*. Ostracodes : *Valendocythere divisa*, *Schuleridea mediocaudata mediocaudata*, *Schuleridea* aff. *praethoerenensis*, *Asciocythere montis*, *Cytherella elongata*, *Xestoleberis? alta*. Foraminifères benthiques : *Trocholina* gr. *alpina-elongata*, *Pseudocyclamina lituus*, Lenticulines.

Cet horizon ligniteux à Charophytes témoigne au Salève d'une émergence importante dans la partie moyenne de la Formation de Vions, qui se retrouve dans

toutes les autres coupes du Jura méridional au sein d'un intervalle transgressif à *Calpionellopsis oblonga* [Calpionelles signalées dans cet intervalle de la coupe de Monnetier par Zaninetti *et al.*, 1988] caractérisant le passage entre les sous-zones D2 et D3 (passage entre les Zones d'Ammonites à *Picteti* et à *Alpillensis*) ainsi que les émergences marquant le passage entre les Cénozones continentales M5a et M5b.

– **MC 78 à 82.** Bancs calcaires massifs (packstone) beiges (MC 78-79) à gris foncé (MC 80 à 82), avec nombreux petits oncoïdes, Dasycladacées (Clypéines), Foraminifères benthiques abondants (Trocholines, Miliolles, Pseudocyclammines), ooides micritisés, intraclastes, débris coquilliers de Gastéropodes et d'Échinodermes, quelques bioturbations, présence de pyrite (milieu de dépôt anoxique et boueux, MC 80 à 82), quartz détritique fin plus ou moins abondant.

– **MC 83.** Marne siliciclastique beige foncé, avec microfossiles laguno-lacustres et surtout marins représentant l'équivalent de la Cénozone continentale M5a (reportée entre parenthèses). Ostracodes : *Macrodentina (Dictyocythere) mediostricta mediostricta*, *Lycoperocypris sabaudiae*, *Paranotacythere favulata*, *Valendocythere helvetica*, *Valendocythere divisa*, *Protocythere mazenoti*, *Protocythere ? gondrenensis*, *Pontocyprella pertuisi*, *Cytherelloidea* aff. *rehburgensis*, *Schuleridea mediocaudata mediocaudata*, *Schuleridea mediocaudata parallela*, *Schuleridea* aff. *praethoerenensis*, *Asciocythere circumdata*, *Asciocythere montis*, *Cytherella elongata*, *Cytherella dilatata*, *Cytherella turgida*. Foraminifères benthiques : *Nautiloculina cretacea*, Miliolles, Lenticulines. Débris d'Échinodermes (radioles d'Échinidés).

– **MC 84 à 87.** Gros banc calcaire massif (packstone) de couleur gris-beige foncé (MC 84-85) à beige-jaunâtre plus clair et ferrugineux (MC 86-87), avec nombreux ooides et petits intraclastes, Trocholines, Miliolles, Dasycladacées (Clypéines), petits Gastéropodes, débris coquilliers divers (Gastéropodes, Brachiopodes, Échinodermes), quelques fragments de lignite à la base du banc (MC 84), quartz détritique fin surtout abondant dans la partie moyenne du banc (MC 85, avec ooides micritisés).

– **MC 88.** Joint marno-calcaire et siliciclastique beige foncé.

– **MC 89 à 93.** Bancs calcaires massifs (packstone) gris-beige foncé à jaunâtre (par altération), ferrugineux, avec ooides micritisés, petits intraclastes, Trocholines, Miliolles, débris coquilliers divers (Lamellibranches, Gastéropodes/Nérinées, Brachiopodes, Échinodermes), quartz détritique fin plus ou moins abondant surtout concentré dans la partie inférieure des bancs.

– **MC 94-95.** Calcaire massif gris-beige foncé (packstone) à nombreux ooides et intraclastes, Trocholines, Miliolles, débris coquilliers de Brachiopodes et d'Échinodermes, un peu de quartz détritique fin.

– **MC 96 à 98.** Marne et calcaires marneux gris foncé (jaunâtres par altération), fortement bioturbés, avec

présence de pyrite (milieu de dépôt anoxique), intraclastes, ooides micritisés, Trocholines, Miliolles, débris coquilliers divers (Lamellibranches, Gastéropodes, Brachiopodes, Échinodermes). Le niveau marneux MC 97 a livré des microfossiles essentiellement marins ainsi que quelques formes laguno-lacustres, qui indiquent clairement (*Valendocythere helvetica* typiques) l'équivalent marin de la Cénozone continentale M5b (reportée entre parenthèses). Ostracodes : *Lycoperocypris sabaudiae*, *Paranotacythere favulata*, *Valendocythere helvetica*, *Valendocythere divisa*, *Pseudoprotocythere aubersonensis*, *Cythereis donzei*, *Paraxophthalmocythere berriasensis*, *Exophthalmocythere insignis*, *Paracypris arcuatilis*, *Pontocyprilla pertuisi*, *Neocythere flandrini*, *Eocytheropteron abundens*, *Vocontiana* sp., *Cytherelloidea* aff. *rehburgensis*, *Schuleridea mediocaudata mediocaudata*, *Schuleridea mediocaudata parallela*, *Schuleridea* aff. *praethoerenensis*, *Asciocythere circumdata*, *Asciocythere montis*, *Cytherella elongata*, *Cytherella turgida*, *Xestoleberis* ? *dimorpha*. Foraminifères benthiques : *Pseudocyclammina lituus*, *Nautiloculina cretacea*, *Choffatella pyrenaica*, Trocholines, Lenticulines. Débris d'Échinodermes (plaques et radioles d'Échinidés, articles de Crinoïdes et d'Ophiures ou d'Astéries). Brachiopodes : Térébratules (*Loriolithyris valdensis*). Vertébrés : dents broyeuses de Pycnodontidés (poissons durophages Téléostéens/Actinoptérygiens).

– **MC 99 à 104.** Petits bancs calcaires décimétriques de couleur beige-jaunâtre, ferrugineux, oolithiques (grainstone à ciment microsparitique), avec rides alternantes de marées (MC 99 à 101 : petits bancs de 5 à 15 cm avec stratifications entrecroisées de type *herring-bone*) et de vagues (MC 102 à 104 : bancs plus épais de 7 à 25 cm), petits ooides parfois aplatis et caractéristiques de courants bimodaux (MC 100), Foraminifères benthiques abondants (Trocholines, Ataxophragmiidés, Miliolles, *Pseudocyclammina lituus*, *Ammocycloloculina erratica* : MC 99 ; petites *Pfenderina* aff. *neocomiensis* : MC 102), nombreux intraclastes, débris coquilliers divers (Lamellibranches/Ostréides, Gastéropodes, Brachiopodes), Serpules (MC 101), très peu de quartz détritique fin.

– **MC 105-106.** Calcaire massif beige-jaunâtre (grainstone : MC 105 à packstone : MC 106), ferrugineux, bioturbé (bioturbations remplies de grainstone à ciment sparitique), oolithique, avec petits intraclastes micritiques, débris coquilliers divers (Lamellibranches, Gastéropodes, Brachiopodes, Échinodermes), Foraminifères benthiques abondants (Trocholines, Ataxophragmiidés, Miliolles, *Pseudocyclammina lituus*, *Nautiloculina cretacea* et surtout *Ammocycloloculina erratica* : MC 106 ; grandes *Pfenderina neocomiensis* typiques et petites *Pfenderina* aff. *neocomiensis*), Dasycladacées (Clypéines), Stromatopores, un peu de quartz détritique fin.

– **MC 107-108.** Calcaire massif beige-jaunâtre foncé (packstone-grainstone), ferrugineux et oolithique, bioturbé, avec petits intraclastes, Foraminifères

benthiques (Trocholines, Miliolles, *Pseudocyclammina lituus*, *Pfenderina* aff. *neocomiensis*), Dasycladacées, débris coquilliers divers (Lamellibranches, Gastéropodes/Nérinées, Brachiopodes, Échinodermes), quartz détritique fin surtout concentré dans la partie inférieure du banc.

– **MC 109 à 111.** Gros banc calcaire massif (packstone) gris foncé (MC 109, avec pyrite indiquant un milieu de dépôt anoxique et réducteur) à beige clair (avec taches ferrugineuses par oxydation), très bioturbé au sommet (MC 111, avec bioturbations remplies de sparite), avec Miliolles et ooides abondants, petits intraclastes, oncoïdes, Dasycladacées (Clypéines), Trocholines, Ataxophragmiidés, *Pseudocyclammina lituus*, *Nautiloculina cretacea*, petites *Pfenderina* aff. *neocomiensis*, nombreux débris coquilliers (Lamellibranches/Ostréides, Gastéropodes, Échinodermes), quartz détritique fin surtout concentré à la base du banc (MC 109).

– **MC 112 à 115.** Bancs calcaires massifs (packstone) gris-beige foncé (ferrugineux et d'aspect brun-rouille par altération), avec quartz détritique fin, nombreux Foraminifères benthiques (Trocholines, Ataxophragmiidés, Miliolles, *Pseudocyclammina lituus*, *Nautiloculina cretacea*, petites *Pfenderina* aff. *neocomiensis*), nombreux oncoïdes et intraclastes, Dasycladacées (Clypéines), débris coquilliers abondants (Lamellibranches/Ostréides, Gastéropodes, Brachiopodes), ooides, quelques petites bioturbations (MC 112), Ostracodes.

– **MC 116-117.** Calcaire massif (packstone) gris foncé (ferrugineux et d'aspect brun-rouille par altération), bioturbé, avec un peu de quartz détritique fin (abondant dans les remplissages de couleur plus claire des bioturbations), nombreux Foraminifères benthiques (Trocholines, Ataxophragmiidés, Miliolles, Nodosaires, *Pseudocyclammina lituus* abondants, *Pfenderina neocomiensis* typiques et petites formes écophénotypiques de *Pfenderina* aff. *neocomiensis*), débris coquilliers très abondants (Lamellibranches, Gastéropodes/Nérinées, Brachiopodes), nombreux oncoïdes et Dasycladacées (Clypéines), quelques ooides.

– **MC 118.** Calcaire massif gris à beige-jaunâtre foncé (packstone), avec quartz détritique fin, nombreuses Miliolles et petits intraclastes, *Pseudocyclammina*, Nodosaires, quelques ooides ainsi que des débris de Lamellibranches et d'Échinodermes.

– **MC 119.** Marne verdâtre siliciclastique à petits cailloux noirs, avec microfossiles marins et surtout laguno-lacustres. Charophytes : *Flabellochara grovesi* (thalles), *Porochara jaccardi*, *Feistiella bijuescensis*. Ostracodes : *Cypridea valdensis obliqua*, *Fabarella boloniensis*, *Macrodentina* (*Dictyocythere*) *mediostriata*, *Lycoperocypris sabaudiae*, *Valendocythere* sp., *Schuleridea* sp. Foraminifères benthiques : *Nautiloculina cretacea*, petits Lituolidés, Miliolles. Débris remaniés d'Échinodermes (Crinoïdes).

– **MC 120-121.** Bancs calcaires gris-verdâtre (wackestone) riches en quartz détritique fin, avec

nombreux petits cailloux noirs et multicolores, ooides et Pfindérines micritisés, Miliolites.

– **MC 122.** Marne verdâtre siliciclastique avec petits cailloux noirs, ainsi que microfossiles de milieu laguno-lacustre voire terrestre (éléments disséminés de palynoflore continentale). Charophytes : *Flabellachara grovesi* (thalles), *Feistiella bijuescensis*. Ostracodes : *Cypridea valdensis obliqua*, *Fabanella boloniensis*, *Darwinula leguminella*. Mégaspores (rares).

– **MC 123-124.** Calcaire massif (packstone) gris à beige foncé (ferrugineux et d'aspect brun-rouille par altération), avec quartz détritique fin abondant, bioturbé, à nombreux ooides et Foraminifères benthiques (Trocholines, Ataxophragmiidés, Miliolites, *Pseudocyclammina lituus*, *Nautiloculina cretacea*, *Nautiloculina broennimanni*, grandes formes typiques de *Pfenderina neocomiensis* et petits écotypes de *Pfenderina* aff. *neocomiensis*), débris coquilliers divers (Lamellibranches, Échinodermes). Partie basale du banc microconglomératique avec gros intraclastes micritiques et débris de Lamellibranches perforés par des lithophages, pyrite (milieu de dépôt anoxique et réducteur) et fragments de lignite.

– **MC 125-126.** Calcaire massif beige foncé (packstone), ferrugineux, riche en quartz détritique fin, avec Foraminifères benthiques (nombreuses Miliolites, Ataxophragmiidés, Nodosaires, Polymorphinidés, Nautiloculines, *Pfenderina neocomiensis*), quelques ooides, gros intraclastes et quelques petits cailloux noirs (MC 125), débris coquilliers plus ou moins recristallisés (Lamellibranches), petits Gastéropodes de milieu confiné.

2.3.3. Formation de la Chambotte (partie inférieure basale, faciès de lagon marin)

– **MC 127-128.** Calcaire massif beige clair-jaunâtre (grainstone à ciment sparitique), oolithique, avec nombreux Foraminifères benthiques (Trocholines, Ataxophragmiidés, Miliolites, grands Lituolidés : *Pseudocyclammina lituus*, Nautiloculines ; grandes formes typiques et très abondantes de *Pfenderina neocomiensis*), débris coquilliers divers (Lamellibranches/Ostréides, Gastéropodes/Nérinées, Échinodermes), quelques débris de Coraux, quelques oncoïdes, gros intraclastes micritiques, un peu de glauconie et de quartz détritique fin.

2.4. Description de la coupe du Vuache nord (fig. 41)

Coupe étudiée par Blondel [1984] et publiée dans Blondel *et al.* [1986, 1989], puis Blondel [1990].

Le premier échantillon intéressant de la série du Vuache nord provient d'un niveau marneux jaunâtre (éch. TB 277) des "Calcaires dolomitiques et flammés"

du "Portlandien"/Tithonien (Jurassique terminal), placé environ 30 m sous le sommet de cette formation. Cet échantillon a livré quelques microfossiles de milieu lagunaire saumâtre [Mojon *in* Blondel, 1990] tels que des Charophytes (*Porochara fusca*) et des Gastéropodes (*Hydrobia* sp., *Provalvata* sp.).

D'autres échantillons marneux contenant des microfossiles laguno-lacustres et marins ont été collectés [Mojon *in* Blondel *et al.*, 1986] dans les affleurements discontinus de la partie supérieure marno-calcaire des faciès purbeckiens du Vuache nord (13,5 m d'épaisseur, Crétacé basal). Il s'agit des échantillons TB 235 à 260 des Couches nymphéennes du Purbeckien (Cénozone continentale M1b, Berriasien inférieur) et de l'échantillon TB 262-263 de la partie basale de la Formation de Pierre-Châtel (Cénozone continentale M4, Berriasien moyen).

– **TB 235 à 259.** Charophytes : *Hemiglobator praecursor*, *Perimneste horrida*, *Perimneste micrandra*, *Dictyoclavator fieri*, *Clavator reidi*, *Nodosoclavator bradleyi*, *Flabellachara grovesi*, *Porochara maxima*, *Porochara jaccardi*. Ostracodes : *Cypridea* spp., *Fabanella boloniensis*, *Mantelliana purbeckensis*, *Eoparacypris weetonensis*, *Bisulcocypris dilatata*. Gastéropodes : *Provalvata* sp., *Gyraulus loryi*, *Proauricula jaccardi*.

Les échantillons TB 260 et 262-263 de la partie sommitale de ces faciès purbeckiens (deux derniers mètres) présentent une forte influence marine d'après les microfossiles récoltés et apparemment, on peut relever l'absence des Cénozones continentale M2 et M3 ainsi que de la quasi-totalité de l'Unité Inférieure Oolithique.

– **TB 260** (20 cm, à -1,6 m du sommet des faciès purbeckiens). Charophytes : *Nodosoclavator bradleyi*, *Porochara jaccardi*, *Porochara fusca*. Ostracodes : *Darwinula leguminella*, *Fabanella boloniensis*, *Eoparacypris weetonensis*, *Kentrodictyocythere typica*. Foraminifères benthiques : *Feurtillia frequens*, *Valvulina* aff. *lugeoni*, "*Siphovalvulina*" sp., Miliolites. Dasycladacées : *Clypeina jurassica* (herbier), *Salpingoporella* sp., *Actinoporella* ? sp.

– **TB 262-263** (70 cm, sommet des faciès purbeckiens). Charophytes : *Porochara jaccardi*. Ostracodes : *Cypridea* gr. *tumescens*, *Fabanella boloniensis*, *Damonella pygmaea*, *Eoparacypris weetonensis*, *Macrodentina* (*Dictyocythere*) *mediostriata transfuga*, *Valendocythere emslandensis*. Gastéropodes : *Bithynia sautieriana*, *Hydrobia chopardiana*, *Juramelanatria rugosa*, *Ceritellopsis complacita*, *Gyraulus loryi*. Foraminifères benthiques : *Feurtillia frequens*.

Toutefois, la portion de coupe faisant l'objet particulier de ce chapitre concerne la Formation de Vions et la partie inférieure de la Formation de la Chambotte (Berriasien supérieur). Échantillons Vn 1 à Vn 13.

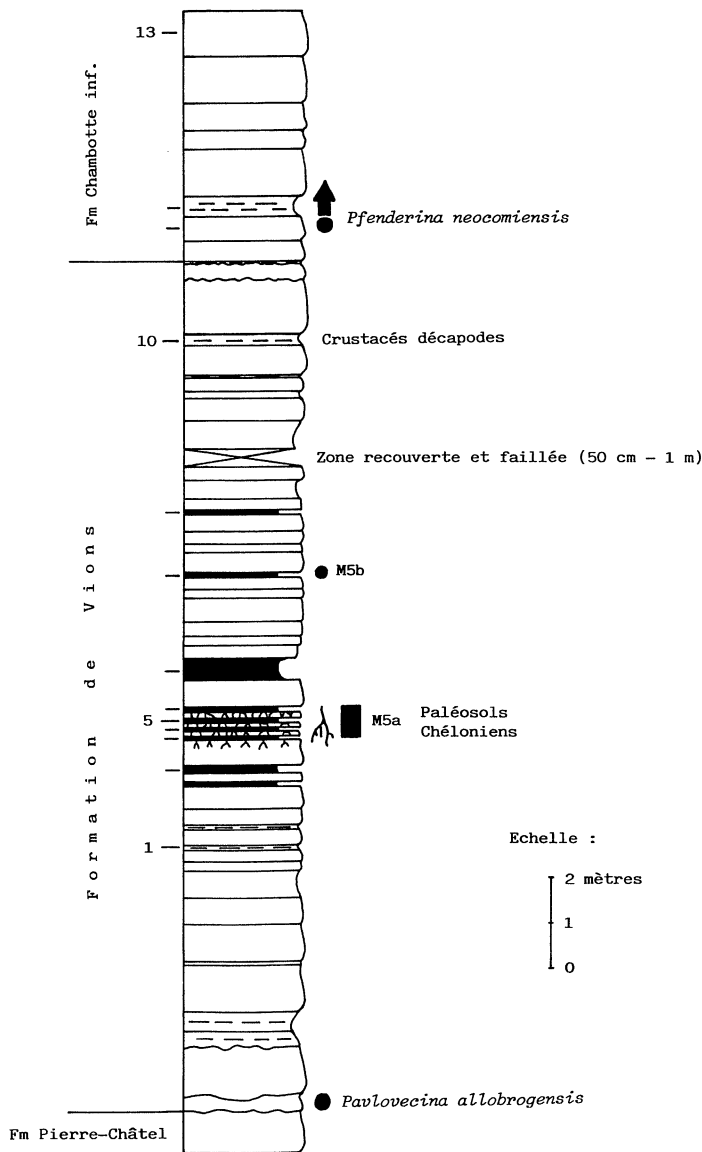


FIG. 41. – Levé de la coupe du Vuache nord (Jura français méridional).

2.4.1. Formation de Pierre-Châtel (partie sommitale)

Calcaires massifs blanchâtres (packstone), faciès de lagon marin à Nérinées. Au sommet, surface irrégulière et indurée (*hard-ground*), également présent au sommet du second banc de la Formation de Vions avec en plus des perforations ou terriers de lithophages).

2.4.2. Formation de Vions

Calcaires massifs (wackestone-packstone), marno-calcaires et marnes gris-beige de couleur claire dans la partie basale et devenant nettement plus foncés vers le haut (jaunâtres par altération), ferrugineux et siliciclastiques (riches en quartz détritique fin), très souvent fortement bioturbés. Faciès d'estran deltaïque à

influences laguno-lacustres (partie centrale de la coupe, Vn 2 à 8 en particulier) et marins (lagon restreint, reste de la coupe). Il faut signaler la découverte [Blondel *et al.*, 1989] dans ces faciès de restes de tortues (Chéloniens ; Vn 3 à 6) et de Crustacés décapodes fouisseurs (Vn 10). L'association de restes de Chéloniens et de paléosols à traces ligniteuses de racines évoque un paysage côtier constitué de barres littorales servant probablement de lieux de ponte à ces reptiles marins, de forêts littorales semi-immergées (équivalents des mangroves actuelles) et de lagunes saumâtres à dulçaquicoles. A la base de la Formation de Vions, petit banc calcaire discontinu, ferrugineux et microconglomératique à *Pavlovecina allobroensis*.

Les niveaux marno-calcaires et marneux Vn 1 à 10 ont livré de nombreux microfossiles marins et laguno-lacustres des Cénozones continentales M5a et M5b.

– **Vn 1.** Ostracodes : *Fabarella boloniensis*, *Kentrodictyocythere typica*, *Valendocythere divisa*, *Valendocythere emslandensis*, *Paracypris* sp., *Schuleridea mediocaudata mediocaudata*, *Asciocythere montis*, *Cytherella elongata*.

– **Vn 2.** Charophytes : *Porochara jaccardi*. Ostracodes : *Cypridea valdensis obliqua*, *Macrodentina (Dictyocythere) mediostricta mediostricta*, *Lycocypris sabaudiae*, *Fabarella boloniensis*, *Valendocythere divisa*. Foraminifères benthiques : *Lenticulina (Lenticulina)* spp.

– **Vn 3.** Charophytes : *Porochara jaccardi*. Ostracodes : *Cypridea valdensis obliqua*, *Macrodentina (Dictyocythere) mediostricta mediostricta*, *Lycocypris sabaudiae*, *Valendocythere divisa*, *Cythereis donzei*, *Eocytheropteron abundans*, *Cytherelloidea aff. rehbургensis*, *Schuleridea mediocaudata mediocaudata*, *Asciocythere circumdata*, *Asciocythere montis*, *Cytherella elongata*, *Cytherella dilatata*, *Cytherella turgida*. Foraminifères benthiques : *Trocholina* gr. *alpina-elongata*, petits Lituolidés, *Nautiloculina cretacea*, Lenticulines. Débris d'Échinodermes (radioles d'Échinidés, articles de Crinoïdes).

– **Vn 4.** Charophytes (M5a) : *Hemiglobator nurrensis*, *Porochara jaccardi* (abondantes). Ostracodes : *Cypridea valdensis obliqua* (abondants), *Macrodentina (Dictyocythere) mediostricta mediostricta* (dominants), *Pseudoprotocythere aubersonensis*, *Schuleridea* gr. *mediocaudata*, *Asciocythere montis*. Foraminifères benthiques : *Trocholina* gr. *alpina-elongata*. Débris d'Échinodermes (radioles d'Échinidés, articles de Crinoïdes).

– **Vn 5.** Charophytes (M5a) : *Hemiglobator nurrensis*, *Porochara jaccardi*. Ostracodes : *Cypridea valdensis*

obliqua, *Macrodentina* (*Dictyocythere*) *mediostricta mediostricta*, *Lycocypris sabaudiae* (abondants), *Paranotacythere favulata*, *Valencythere divisa*, *Neocythere flandrini*, *Eocytheropteron abundens*, *Cytherelloidea* aff. *rehburgensis*, *Schuleridea* gr. *mediocaudata*, *Asciocythere circumdata*, *Asciocythere montis*, *Cytherella elongata*, *Cytherella dilatata*. Foraminifères benthiques : Lenticulines. Débris d'Échinodermes (radioles d'Échinidés, articles de Crinoïdes). Vertébrés : dents broyeuses de Pycnodontidés (poissons durophages Téléostéens/Actinoptérygiens).

– **Vn 6.** Charophytes (M5a) : *Hemiglobator nurrensis*, *Flabellachara grovesi*, *Porochara jaccardi*. Ostracodes : *Cypridea valdensis obliqua*, *Macrodentina* (*Dictyocythere*) *mediostricta mediostricta*, *Lycocypris sabaudiae*, *Valencythere divisa*, *Asciocythere montis*. Foraminifères benthiques : *Trocholina* gr. *alpina-elongata*, Nautiloculines, Lenticulines. Dasycladacées : *Zergabriella embergeri*. Débris d'Échinodermes (radioles d'Échinidés). Débris d'os de Vertébrés.

– **Vn 7.** Charophytes : *Porochara jaccardi*. Ostracodes : *Macrodentina* (*Dictyocythere*) *mediostricta mediostricta*, *Lycocypris sabaudiae*, *Valencythere divisa*, *Schuleridea mediocaudata mediocaudata*, *Schuleridea* aff. *praethoerenensis*, *Asciocythere montis*, *Cytherella elongata*. Foraminifères benthiques : *Pseudocyclammina lituus*, *Nautiloculina cretacea*, *Montsalevia* gr. *elevata*. Dents de poissons.

– **Vn 8.** Charophytes (M5b) : *Hemiglobator steinhauseri*, *Porochara jaccardi*. Ostracodes : *Cypridea valdensis obliqua*, *Macrodentina* (*Dictyocythere*) *mediostricta mediostricta*. Foraminifères benthiques : *Trocholina* gr. *alpina-elongata*. Débris d'Échinodermes (radioles d'Échinidés, articles de Crinoïdes). Nérinées. Vertébrés : débris d'os et dents de Pycnodontidés.

– **Vn 9.** Ostracodes : *Macrodentina* (*Dictyocythere*) *mediostricta mediostricta*, *Lycocypris sabaudiae*, *Valencythere divisa*, *Pontocyprilla pertuisi*, *Eocytheropteron abundens*, *Schuleridea mediocaudata mediocaudata*, *Schuleridea* aff. *praethoerenensis*, *Asciocythere circumdata*, *Asciocythere montis*, *Cytherella elongata*. Foraminifères benthiques : *Trocholina* gr. *alpina-elongata*, *Nautiloculina cretacea*, Lenticulines. Débris d'Échinodermes (radioles d'Échinidés, articles de Crinoïdes).

– **Vn 10.** Ostracodes : *Macrodentina* (*Dictyocythere*) *mediostricta mediostricta*, *Valencythere helvetica*, *Valencythere divisa*, *Cytherelloidea* aff. *rehburgensis*, *Schuleridea mediocaudata mediocaudata*, *Schuleridea* aff. *praethoerenensis*, *Asciocythere montis*, *Cytherella elongata*. Foraminifères benthiques : *Trocholina* gr. *alpina-elongata*, *Choffatella pyrenaica*, *Nautiloculina cretacea*, Lenticulines. Dasycladacées : *Zergabriella embergeri*. Débris d'Échinodermes (radioles d'Échinidés, articles de Crinoïdes). Dents de Pycnodontidés (poissons Téléostéens/Actinoptérygiens).

2.4.3. Formation de la Chambotte (partie inférieure, Berriasien supérieur terminal)

Calcaires massifs bioclastiques et légèrement oolithiques (packstone-grainstone) et marno-calcaires grisâtres. Au sommet, couleur rosâtre due à des taches ferrugineuses (Vn 13). Dans le banc **Vn 11** apparaissent des formes typiques du Foraminifère benthique *Pfenderina neocomiensis* (**Vn 13**). Le banc marno-calcaire **Vn 12** a livré quelques microfossiles marins. Ostracodes : *Valencythere helvetica*, *Cythereis donzei*, *Schuleridea* sp., *Cytherella* sp. Foraminifères benthiques : *Trocholina* gr. *alpina-elongata*, *Nautiloculina cretacea*. Débris d'Échinodermes (radioles d'Échinidés, articles de Crinoïdes). Nérinées.

En face, de l'autre côté du défilé de l'Écluse et sur la rive droite du Rhône, les faciès de type wealdien de la Formation de Vions du Fort de l'Écluse (niveaux marneux FE 1 à 4) mesurent également une vingtaine de mètres d'épaisseur [= niveaux marneux 39-54-58-60 in Charollais *et al.*, 1981, p. 17] en présentant toutefois une influence laguno-lacustre beaucoup moins prononcée (échantillons FE 3-4 seulement).

– **FE 1** (partie basale, = éch. 39). Ostracodes marins : *Valencythere divisa*, *Pseudoprotocythere aubersonensis*, *Cythereis donzei*, *Exophthalmocythere pustulosa*, *Bairdia major*, *Cytherella* sp. Foraminifères benthiques : *Pseudocyclammina lituus*, *Choffatella pyrenaica*, Nautiloculines.

– **FE 2** (= éch. 54). Ostracodes marins : *Valencythere* sp., *Cytherella* sp.

– **FE 3** (= éch. 58). Charophytes : *Porochara jaccardi*. Ostracodes : *Cypridea valdensis obliqua*, *Macrodentina* (*Dictyocythere*) *mediostricta mediostricta*, *Lycocypris sabaudiae*, *Neocythere* sp., *Eocytheropteron* sp., *Cytherelloidea* sp., *Schuleridea* sp., *Asciocythere* sp., *Cytherella* sp., *Xestoleberis*? sp. Foraminifères benthiques : Nautiloculines.

– **FE 4** (partie sommitale, = éch. 60). Charophytes : *Porochara jaccardi*. Ostracodes : *Cypridea valdensis obliqua*, *Macrodentina* (*Dictyocythere*) *mediostricta mediostricta*, *Neocythere* sp., *Schuleridea* sp.

2.5. Description de la coupe du Val de Fier ouest (fig. 42)

Coupe étudiée par Donze [1973a], Darsac [1983] et Waehry [1988]. Échantillons VFo 1 à 17. Par rapport à la coupe de Val de Fier est, la sédimentation est ici très particulière et caractérisée par des alternances marno-calcaires formant de remarquables plis disharmoniques et riches en quartz détritique fin (siliciclastiques), dont l'apport massif coïncide avec l'installation au Berriasien supérieur des faciès deltaïques de type wealdien (sédimentation détritique fluviale) sur la plate-forme jurassienne. De plus, le Foraminifère benthique *Pavlovecina allobrogensis* caractérisant normalement la

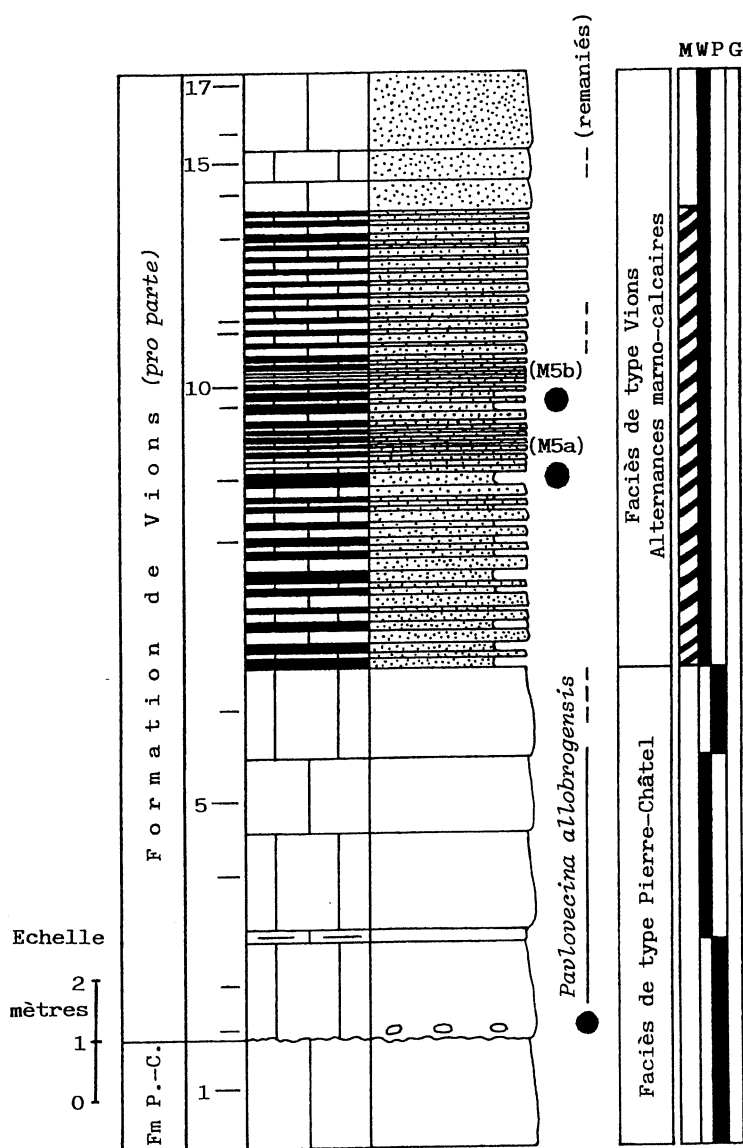


FIG. 42.— Levé de la coupe du Val de Fier ouest (Jura français méridional).

base de la Formation de Vions apparaît exceptionnellement dans un faciès calcaire massif de type Pierre-Châtel **avant** l'arrivée du quartz détritique et est remanié sur plus de 15 m d'épaisseur jusqu'au-dessus des alternances marno-calcaires. D'une part, il devient évident que *Pavlovecina allobroensis* apparaît dans un faciès de lagon marin et qu'il est remanié par abrasion du substrat et transport fluvial estuarien (chenaux de marée) sur des épaisseurs parfois très importantes au niveau de la plupart des gisements connus du Jura central et méridional (niveaux érosifs et irréguliers souvent rubéfiés), voire concentré en grande quantité dans les niveaux siliciclastiques de base de la Formation de Vions qui constituent ainsi un précieux horizon de repère lithostratigraphique. De plus, les anomalies sédimentaires visibles à Val de Fier ouest semblent aussi indiquer clairement une zone à forte subsidence

permettant l'épais dépôt ainsi que la préservation locale du faciès calcaire où apparaît *P. allobroensis*, phénomène qui a déjà été constaté au niveau du Purbeckien où le taux de sédimentation est anormalement élevé. Enfin, il faut relever que des observations similaires ont également été effectuées dans la coupe de Yenne, qui présente de cette façon quelques traits communs avec celle du Val de Fier ouest.

2.5.1. Formation de Pierre-Châtel (partie sommitale)

– **VFo 1 à 6.** Calcaires massifs blanchâtres, de couleur grise à beige. Faciès de lagon marin de type Pierre-Châtel, où le quartz détritique fin est absent. Ciment microsparitique (VFo 1-2) à micritique (VFo 3 à 6), oncoïdes, Dasycladacées, débris coquilliers divers (Lamellibranches, Gastéropodes, Brachiopodes, Échinodermes), Foraminifères benthiques (Trocholines, Ataxophragmiidés, Miliolles, Pseudocyclammines), oïdes, pellets et intraclastes. Le niveau VFo 2 est microconglomératique (intraclastes) et caractérisé par l'apparition de *P. allobroensis*. Les niveaux VFo 1-2 correspondent à des barres sableuses bioclastiques de basse (VFo 1) à haute énergie (VFo 2), qui passent à un milieu de dépôt beaucoup plus calme (VFo 3 à 6).

2.5.2. Formation de Vions (pro parte)

– **VFo 7 à 13.** Alternances marno-calcaires correspondant vraisemblablement à une sédimentation de type turbiditique (?) remplissant un chenal de marée. Dépôts micritiques et siliciclastiques de couleur gris foncé (jaunâtres par altération). Faciès de lagon marin relativement profond avec présence de pyrite (milieu de dépôt anoxique), Foraminifères benthiques, faune d'Ostracodes à dominance franchement marine, oncoïdes, Dasycladacées, débris coquilliers (Brachiopodes, Échinodermes), oïdes, pellets et intraclastes. Ces alternances marno-calcaires ont livré des Calpionelles [*Calpionellopsis* sp. ; Darsac, 1983] correspondant au passage entre les sous-zones D2 et D3, soit au passage entre les zones d'Ammonites à *Picteti* et à *Alpillensis* ainsi qu'entre les Cénozones continentales M5a et M5b. À ce propos, il faut souligner qu'il n'y a pas de Charophytes dans ces niveaux et que leur attribution chronostratigraphique est basée sur le degré évolutif de certains Ostracodes marins présents. Ainsi, les investigations effectuées dans l'ensemble du Jura ont-elles montré que les formes typiques de *Valencythere helvetica* apparaissent au niveau de la partie supérieure de la Cénozone continentale M5a, soit ici à partir du banc VFo 9. Cette méthode indirecte permet de situer avec précision dans cet environnement franchement marin les cénozones continentales, celles-ci étant reportées pour cette raison entre parenthèses.

Ces alternances marno-calcaires ont livré un assemblage très diversifié de microfossiles essentiellement marins déjà signalé par Donze [1973a].

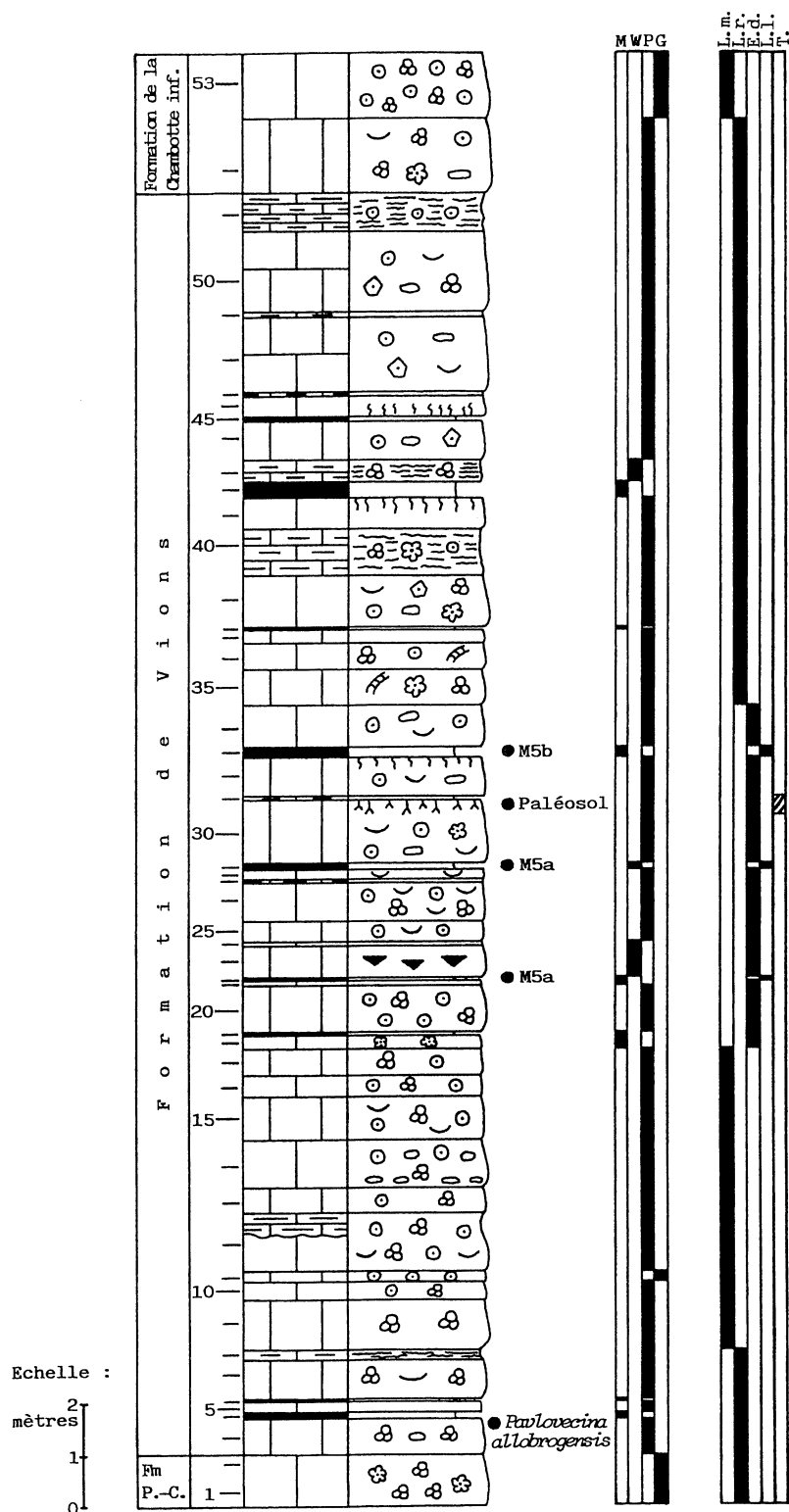


Fig. 43. – Levé de la coupe du Val Fier est (Jura français méridional).

Ostracodes : *Lycopterocypris sabaudiae*, *Paranotacythere favulata*, *Kentrodictyocythere typica*, *Kentrodictyocythere oblitterata*, *Valendocythere helvetica*, *Valendocythere divisa*, *Protocythere humilis*, *Pseudoprotocythere aubersonensis*, *Cythereis donzei*, *Parexophthalmocythere berriasensis*, *Exophthalmocythere pustulosa*, *Exophthalmocythere insignis*, *Bairdia major*,

Paracypris arcuatilis, *Pontocyprilla pertuisi*, *Neocythere flandrini*, *Eocytheropteron abundens*, *Vocontiana longicostata*, *Phlyctocythere ? globulata*, *Pseudobytyocythere ? tenuis*, *Polycope sp.*, *Dolococythere sp.*, *Euryitycythere subtilis*, *Raymoorea peculiaris*, *Cytherelloidea aff. rehbургensis*, *Cytherelloidea marignacensis*, *Schuleridea mediocaudata mediocaudata*, *Schuleridea mediocaudata parallela*, *Schuleridea aff. juddi*, *Schuleridea aff. praethoerensis*, *Asciocythere circumdata*, *Asciocythere montis*, *Cytherella elongata*, *Cytherella dilatata*, *Cytherella turgida*, *Xestoleberis ? dimorpha*, *Xestoleberis ? alta*, *Monoceratina sculpta*, *Monoceratina ? burgensis*, *Acrocythere diversa*, *Acrocythere constricta*, *Acrocythere bicostata*. Foraminifères benthiques : *Trocholina gr. alpina-elongata*, *Pseudocyclammina lituus*, *Ammobaculites sp.*, *Pseudotextulariella courtionensis*, *Montsalevia gr. elevata*, Lenticulines. Dasycladacées : *Clypeina jurassica*. Débris d'Échinodermes (plaques et radioles d'Échinidés, articles de Crinoïdes et d'Ophiures ou d'Astéries). Petits Brachiopodes (Térébratules).

– VFo 14 à 17. Calcaires micritiques gris foncé (jaunâtres par altération). Faciès d'estran deltaïque avec Foraminifères benthiques (Trocholines, Ataxophragmiidés, Miliolles), débris coquilliers (Lamellibranches, Brachiopodes, Échinodermes), oïdes, pellets, intraclastes, quelques oncoïdes et *bird's eyes*, un peu de quartz détritique fin. L'échantillon VFo 15 contient encore des spécimens remaniés de *Pavlovocina allobroensis*.

2.6. Description de la coupe du Val de Fier est (fig. 43)

Coupe étudiée par Darsac [1983]. Échantillons VFe 1 à 53.

2.6.1. Formation de Pierre-Châtel (partie sommitale)

– VFe 1-2. Calcaires massifs blanchâtres à gros oncoïdes, quelques Foraminifères benthiques (Trocholines, Miliolles, Ataxophragmiidés, Pseudocyclammines), Dasycladacées (Clypéines), débris coquilliers de Lamellibranches, quelques oïdes, intraclastes et bioturbations.

2.6.2. Formation de Vions (faciès deltaïques estuariens riches en quartz détritique fin)

– VFe 3 et 5. Bancs calcaires bruns à gris-beige très foncé, d'aspect gréseux (siliciclastiques par arrivée

massive de quartz détritique fin) et ferrugineux, avec ooides micritisés, intraclastes et nombreux Foraminifères benthiques (*Pavlovecina allobroensis*, *Pseudocyclammina lituus*, Trocholines, Ataxophragmiidés), débris coquilliers de Mollusques (Lamellibranches, Gastéropodes/Nérinées) et d'Échinodermes, débris charbonneux de lignite.

– **VFe 4 et 6.** Marnes brunes siliciclastiques, VFe 6 ayant livré quelques Foraminifères benthiques (*Pseudocyclammina lituus*).

– **VFe 7 à 17.** Calcaires massifs et marno-calcaires de couleur grise à beige en général assez foncée (jaunâtre par altération) à blanchâtre dans la partie supérieure de cette succession de bancs (VFe 16-17), avec ooides micritisés, intraclastes, quelques oncoïdes, Dasycladacées, nombreux Foraminifères benthiques (Trocholines, Ataxophragmiidés, Miliolles, Lituolidés : *Pseudocyclammina lituus*, *Nautiloculina cretacea*), bioturbations, débris coquilliers divers de Mollusques, Brachiopodes et Échinodermes, quelques passées oolithiques (barres sableuses à ciment microsparitique, VFe 10-11, VFe 14-15). Niveaux relativement pauvres en quartz détritique fin.

– **VFe 18 à 24.** Calcaires micritiques gris-beige en général assez foncés, parfois blanchâtres (VFe 20) et marnes grises de couleur claire. Dépôts de vasière littorale, ferrugineux et relativement pauvres en quartz détritique fin, avec petits oncoïdes et Dasycladacées (VFe 18), ooides micritisés, *bird's eyes* et fissures de dessiccation périodique (VFe 23), fin débris coquilliers (VFe 20), rares fragments de Charophytes (thalles de *Flabellochara grovesi*, VFe 21). Un des niveaux marneux (**VFe 22**) a livré des microfossiles lagunolacustres de la Cénozone continentale M5a. Charophytes : *Hemiglobator nurrensis*, *Perimneste micrandra*, *Flabellochara grovesi*, *Porochara fusca*. Ostracodes : *Cypridea valdensis obliqua*, *Fabanella boloniensis*, *Macrodentina (Dictyocythere) mediostricta mediostricta*.

– **VFe 25 à 34.** Calcaires massifs, marno-calcaires et marnes à débris charbonneux de couleur gris foncé. Dépôts bioturbés d'estran deltaïque, d'aspect gréseux (quartz détritique fin abondant) et ferrugineux. Présence de pyrite (milieu de dépôt anoxique), débris coquilliers divers, ooides micritisés et noircis, intraclastes, rares oncoïdes, quelques Foraminifères benthiques (Miliolles surtout, *Pseudocyclammina lituus*), rares fragments de Charophytes (thalles de *Flabellochara*, VFe 26). La partie sommitale de VFe 30 correspond à un paléosol à traces ligniteuses de racines, dont la surface est couverte de petits Ostréides. La surface de VFe 32 forme la grande dalle inclinée de la carrière de Val de Fier est et est très bioturbée en présentant un aspect noduleux. Les marnes ont livré des microfossiles marins et surtout lagunolacustres des Cénozones continentales M5a et M5b.

– **VFe 29 (M5a).** Charophytes : *Hemiglobator nurrensis* (rares). Ostracodes : *Macrodentina (Dictyocythere)*

mediostricta mediostricta (abondants), *Valendocythere divisa*. Foraminifères benthiques : *Trocholina gr. alpina-elongata*, *Nautiloculina cretacea*. Dasycladacées : *Zergabriella embergeri*.

– **VFe 33 (M5b).** Charophytes : *Hemiglobator steinhauseri*, *Perimneste micrandra*. Ostracodes : *Cypridea valdensis obliqua*, *Macrodentina (Dictyocythere) mediostricta mediostricta*, *Valendocythere helvetica*, *Valendocythere divisa*, *Cythereis donzei*, *Paracypris arcuatilis*, *Neocythere flandrini*, *Cytherella elongata*, *Schuleridea* aff. *juddi*. Foraminifères benthiques : *Pseudocyclammina lituus*, *Choffatella pyrenaica*, *Nautiloculina cretacea*, Lenticulines.

– **VFe 35 à 51.** Calcaires massifs, marno-calcaires et marnes de couleur grise en général assez foncée à beige clair (VFe 35 et 50), aspect ferrugineux et gréseux (quartz détritique fin abondant), présence de pyrite (milieu de dépôt anoxique), bioturbations, débris coquilliers divers (Lamellibranches, Gastéropodes, Brachiopodes et Échinodermes), intraclastes, pellets, ooides micritisés et noircis, petits oncoïdes, Dasycladacées, Foraminifères benthiques (Trocholines, Ataxophragmiidés, Miliolles, Lituolidés : *Pseudocyclammina lituus*, *Nautiloculina*). Dans VFe 37, gyrogonites de *Porochara* (Charophytes) traduisant la proximité de paléoenvironnements émergifs côtiers et au-dessus, dans VFe 39, Nodosaires (Lenticulines) et spicules d'Holothuries (Échinodermes) qui indiquent l'influence d'apports hémipélagiques de mer ouverte et annoncent la transgression valanginienne. Les niveaux marno-calcaires (VFe 40, 43 et 51) présentent un aspect feuilleté. Le niveau de marne grise VFe 45 contient de gros fragments ligniteux, également abondants dans la partie basale du banc VFe 46. Les niveaux marneux VFe 38 et 42 ont livré des microfossiles marins exclusivement.

– **VFe 38 (marne grise silteuse).** Ostracodes : *Valendocythere helvetica*, *Cythereis donzei*, *Schuleridea mediocaudata mediocaudata*. Foraminifères benthiques : *Choffatella pyrenaica*.

– **VFe 42 (marne grumeleuse et silteuse de couleur gris-verdâtre).** Ostracodes : *Valendocythere helvetica*, *Valendocythere divisa*, *Eocytheropteron abundens*, *Schuleridea* aff. *juddi*, *Asciocythere montis*, *Cytherella elongata*. Foraminifères benthiques : *Trocholina gr. alpina-elongata*, *Pseudocyclammina lituus*, *Choffatella pyrenaica*, *Nautiloculina cretacea*.

2.6.3. Formation de la Chambotte (partie inférieure)

– **VFe 52-53.** Calcaires massifs gris foncé (VFe 52) à beiges (VFe 53). La partie inférieure (VFe 52) est bioturbée et caractérisée par de gros oncoïdes, des Dasycladacées, du quartz détritique fin, des Foraminifères benthiques (Trocholines, Ataxophragmiidés, Miliolles, *Pseudocyclammina*), des débris coquilliers divers, des ooides micritisés et des

intraclastes. Ce faciès de lagon restreint fait place vers le haut à un dépôt de barre sableuse oolithique (VFe 53) caractérisant un milieu de haute énergie agité par de forts courants. Il s'agit de calcaires clairs oolithiques et bioclastiques à nombreux Foraminifères benthiques (Trocholines, Ataxophragmiidés, Miliolles, grands Lituolidés : *Pseudocyclammina lituus*), débris coquilliers divers et intraclastes.

2.7. Description de la coupe du Molard de Vions (fig. 44)

Coupe étudiée par Steinhauser [1969], Donze [1973a] et Détraz [1989], publiée dans Steinhauser *et al.* [1986]. Échantillons MV 1 à 80.

Localité-type de la Formation de Vions du Jura, cette coupe comprend des dépôts deltaïques estuariens de couleur sombre et d'aspect gréseux résultant d'une forte teneur en oxydes de fer (milieu confiné) et en quartz détritique fin. Il s'agit essentiellement de dépôts de lagon marin à restreint, qui présentent quelques épisodes émergifs correspondant à l'installation de faciès d'estran (tapis algaires) ou de marécages palustres semi-immergés (paléosols à racines) voire beaucoup plus rarement d'un milieu franchement terrestre (calcrête). Les milieux marécageux temporairement immergés et donc comparables aux mangroves actuelles sont caractérisés en particulier par des traces ligniteuses de petites racines (radicelles, rhizoïdes ou rhizolithes), de riches palynoflores très diversifiées, ainsi que par des fissures de dessiccation attestant de leur émergence périodique et temporaires sous l'effet de l'alternance des marées de l'océan téthysien. Dans un seul cas, un paléosol franchement émergé est représenté par un calcrête (MV 3), qui résulte en climat subtropical d'une altération et d'une dissolution du substrat sédimentaire par les agents atmosphériques (karstification) puis d'une réprécipitation et d'une recristallisation des carbonates sous forme d'une croûte zonale très indurée.

2.7.1. Formation de Pierre-Châtel (partie sommitale)

– **MV 1-2.** Banc massif gris clair, avec nombreux petits oncoïdes au sommet.

– **MV 3.** Limite de banc avec calcrétisation de couleur brune (paléosol émergé).

2.7.2. Formation de Vions

– **MV 4-5.** Banc calcaire massif beige-brun, riche en quartz détritique fin (arrivée massive correspondant à l'installation des deltas wealdiens sur la plate-forme jurassienne), avec apparition dès la base du banc de nombreux *Pavlovecina allobroensis* et autres Foraminifères benthiques, petits oncoïdes abondants.

– **MV 6.** Marne beige-brune siliciclastique (jaunâtre par altération), avec riche microfaune d'Ostracodes en particulier [Oertli et Steinhauser, 1969 ; Mojon, 1999] et autres microfossiles laguno-lacustres et marins. Charophytes : *Porochara jaccardi*. Ostracodes : *Cypridea* cf. *valdensis obliqua*, *Macrodentina* (*Dictyocythere*) *mediostricta mediostricta*, *Lycoperocypris sabaudiae*, *Paranotacythere favulata*, *Kentrodictyocythere typica*, *Valendocythere divisa*, *Valendocythere emslandensis*, *Pseudoprotocythere aubersonensis*, *Cythereis donzei* (localité-type), *Parexophtalmocythere berriasensis*, *Bairdia major*, *Paracypris arcuatilis*, *Pontocyprilla pertuisi*, *Neocythere flandrini*, *Eocytheropteron abundens*, *Vocontiana longicostata*, *Pseudobythocythere ? tenuis*, *Polycoppe* sp., *Cytherelloidea* aff. *rehburgensis*, *Schuleridea mediocaudata mediocaudata*, *Schuleridea* aff. *juddi*, *Schuleridea* aff. *praethoerenensis*, *Asciocythere circumdata*, *Asciocythere montis*, *Cytherella elongata*, *Cytherella dilatata*, *Xestoleberis ? dimorpha*. Foraminifères benthiques : *Pavlovecina allobroensis*, *Trocholina* gr. *alpina-elongata*, *Pseudocyclammina lituus*, *Nautiloculina cretacea*, *Ammobaculites* sp., *Pseudotextulariella courtionensis*, *Montsalevia* gr. *elevata*, Ataxophragmiidés, Lenticulines, Miliolles. Vertébrés : dents de Pycnodontes (poissons Téléostéens/Actinoptérygiens).

– **MV 7 et 9.** Bancs calcaires massifs beige foncé-brun, ferrugineux avec quartz détritique localement abondant (MV 7), un peu de glauconie (MV 9), nombreux débris coquilliers (Ostréides surtout, rares Nérinées) et traces ligniteuses de racines (MV 7).

– **MV 8.** Banc marno-calcaire bioturbé, avec traces ligniteuses de racines à son sommet (paléosol semi-immergé).

– **MV 10.** Banc marno-calcaire beige-brun laminé (tapis algaires), avec traces ligniteuses de racines à son sommet (paléosol semi-immergé).

– **MV 11.** Banc calcaire massif beige, avec un peu de quartz détritique fin, débris coquilliers (Ostréides et Gastéropodes), quelques petites Miliolles et traces de pédogénèse (fissures de dessiccation et manchons racinaires non ligniteux). Sommet du banc à surface irrégulière ondulée.

– **MV 12.** Marne beige jaunâtre à débris ligniteux, en "poches" irrégulières dans le banc MV 11 et avec microfossiles marins et laguno-lacustres. Ostracodes : *Lycoperocypris sabaudiae*, *Schuleridea* sp., *Cytherella* sp. Foraminifères benthiques : *Trocholina* gr. *alpina-elongata*, *Nautiloculina cretacea*, *Ammobaculites* sp.

– **MV 13 à 24.** Bancs calcaires massifs gris-beige, localement avec ciment microsparitique (MV 19, 23), quartz détritique fin peu abondant, nombreux Foraminifères benthiques (dont de grandes *Pseudocyclammina lituus*, MV 19 à 21, MV 23) et débris coquilliers, oïdes micritisés et petits oncoïdes disséminés. Présence de fins débris de Coraux et de Bryozoaires (MV 20), ainsi que de Dasycladacées (Clypéines, MV 22) et de Nérinées (MV 18, 20).

Bioturbations du banc MV 18 colmatées par le faciès MV 19 et gros intraclastes du faciès MV 18 à la base du banc MV 19.

– **MV 25.** Marne brun-noir très foncée, à nombreux microfossiles laguno-lacustres. Charophytes : *Porochara jaccardi*. Ostracodes : *Cypridea valdensis obliqua*, *Macrodentina (Dictyocythere) mediostricta mediostricta*, *Lycocypris sabaudiae*, *Valendocythere helvetica*, *Valendocythere divisa*, *Pseudoprotocythere aubersonensis*, *Bairdia major*, *Eocytheropteron abundens*, *Cytherelloidea* aff. *rehburgensis*, *Schuleridea mediocaudata mediocaudata*, *Schuleridea mediocaudata parallela*, *Schuleridea* aff. *praethoerenensis*, *Asciocythere montis*, *Cytherella elongata*, *Cytherella turgida*. Foraminifères benthiques : *Trocholina* gr. *alpina-elongata*, *Nautiloculina cretacea*, *Choffatella pyrenaica*. Débris d'Échinodermes (radioles d'Échinidés).

– **MV 26.** Banc calcaire massif beige, avec rares Charophytes (thalles de *Flabellochara grovesi*, utricules de *Hemiglobator nurrensis*) et Ostracodes (valves de *Fabanella boloniensis*).

– **MV 27.** Banc marno-calcaire feuilleté gris clair, avec une modeste palynoflore continentale [échantillon MV 41 in Médus, 1971 ; in Médus et Mojon 1991]. Spores et pollens : *Biaillés*, *Cicatricosisporites striatus*, *Classopollis torosus*, *Densoisporites microrugulatus*, *Gleichenioidites senonicus*, *Spheripollenites psilatus*, autres spores et pollens divers. Dinokystes marins.

– **MV 28 à 30.** Bancs calcaires massifs beiges, de granulométrie très fine, avec un peu de quartz détritique et de très petites Miliolites. Dernier banc (MV 30) avec petites bioturbations colmatées par le faciès MV 31 sus-jacent.

– **MV 31-32-34-35-37-39-41.** Bancs calcaires massifs gris foncé à beige-brun dont certains présentent un aspect ferrugineux par altération (teintes jaunâtres à rougeâtres, MV 34-35, 39, 41), ciment parfois microsparitique, quartz détritique et pyrite (milieu anoxique) localement abondants (MV 35), granulométrie fine (MV 34, 39), quelques Foraminifères benthiques, débris coquilliers, oolites micritiques et intraclastes (abondants et de grande taille dans MV 35), présence de coprolithes de *Favreina salevensis* (Crustacés, MV 31) et de rares thalles de Charophytes (*Flabellochara grovesi*, MV 35).

– **MV 33.** Marne brunâtre siliciclastique, avec débris ligniteux et Ostracodes de milieu lagunaire saumâtre. Ostracodes : *Macrodentina (Dictyocythere) mediostricta mediostricta*, *Lycocypris sabaudiae*, *Valendocythere* sp., *Asciocythere montis*, *Cytherella* sp.

– **MV 36.** Marne grise siliciclastique et ferrugineuse, avec débris ligniteux et microfossiles de milieu lagunaire saumâtre et marin. Ostracodes : *Macrodentina (Dictyocythere) mediostricta mediostricta*, *Lycocypris sabaudiae*, *Kentrodictyocythere typica*, *Valendocythere helvetica*, *Valendocythere divisa*, *Pontocyprilla pertuisi*, *Cytherelloidea* aff. *rehburgensis*, *Schuleridea*

mediocaudata parallela, *Schuleridea* aff. *praethoerenensis*, *Asciocythere montis*, *Cytherella elongata*. Dasycladacées : *Zergabriella embergeri*. Débris d'Échinodermes (radioles d'Échinidés).

Remarques : ce niveau MV 36 correspond latéralement au niveau marneux et ligniteux ayant fourni la remarquable palynoflore continentale de la coupe du Pont-de-la-Dorche (échantillons 1506 et 1507) décrite par Taugourdeau-Lantz et Donze [1971], actuellement en majeure partie recouverte par la végétation. Placé dans la partie moyenne de cette coupe, le niveau à palynoflore continentale a également livré des Charophytes et des Ostracodes laguno-lacustres [Donze, 1969 ; op. cit.] de la Cénozone continentale M5a. Charophytes : *Hemiglobator nurrensis*, *Flabellochara grovesi*, *Feistiella bijuensis*. Ostracodes : *Cypridea valdensis obliqua* (très abondants), *Macrodentina (Dictyocythere) mediostricta mediostricta*, *Lycocypris sabaudiae*, *Valendocythere divisa*, *Protocythere mazenoti*, *Pseudoprotocythere aubersonensis*, *Cythereis donzei*, *Neocythere flandrini*, *Cytherelloidea* aff. *rehburgensis*, *Asciocythere montis*, *Cytherella elongata*. Foraminifères benthiques : *Nautiloculina cretacea*, *Lenticulina (Lenticulina)* sp. Vertébrés : petites dents de Crocodiliens et de Pycnodontes (poissons Téléostéens/Actinoptérygiens). Spores et pollens : *Biaillés*, *Abietinaepollenites microalatus*, *Appendicisporites stylosus*, *Applanopsis dampieri*, Biorecord cicatr. 9 AP, *Ceratosporites* sp., *Classopollis torosus*, *Coptospora catherinae*, *Cicatricosisporites australiensis*, *Cicatricosisporites striatus*, *Cerebropollenites mesozoicus*, *Converrucosisporites proxigranulatus*, *Corrugatisporites toratus*, *Cyathidites australis*, *Cymbosporites donzi*, *Densoisporites velatus*, *Echitriteles* cf. *lanatus*, *Eucommiidites minor*, *Eucommiidites troedssonii*, *Gemmatriteles morulus*, *Gleichenioidites senonicus*, *Hortisporites reticuliferus*, *Klukisporites pseudo-reticulatus*, *Lygodioisporites perverrucatus*, *Osmundacites wellmanii*, *Parvisaccites radiatus*, *Rugubivesiculites reductus*, *Sestrosporites pseudoalveolatus*, *Sphagnumsporites limosus*, *Staplinisporites caminus*, *Tigrisporites scurandus*, *Trileites* cf. *discoides*, *Trileites persimilis*, *Trilobosporites bernissartensis*, *Verrutriteles carbunculus*, *Vitreisporites pallidus*, autres spores et pollens divers. Algues d'eau douce (*Botryococcus*, *Schizosporis*). Dinokystes marins (rares).

Environ 2 m plus haut, des niveaux marneux de la partie supérieure de la coupe du Pont-de-la-Dorche ont livré des microfossiles laguno-lacustres et marins. Charophytes : *Porochara jaccardi*. Ostracodes : *Cypridea valdensis obliqua*, *Macrodentina (Dictyocythere) mediostricta mediostricta*, *Valendocythere helvetica*, *Pseudoprotocythere aubersonensis*, *Paracypris arcuatilis*, *Eocytheropteron abundens*, *Schuleridea* aff. *juddi*, *Asciocythere montis*. Foraminifères benthiques : petites Nautiloculines et Lenticulines. Débris d'Échinodermes (radioles d'Échinidés). Vertébrés : dents de Pycnodontidés et débris d'os (poissons Téléostéens/Actinoptérygiens).

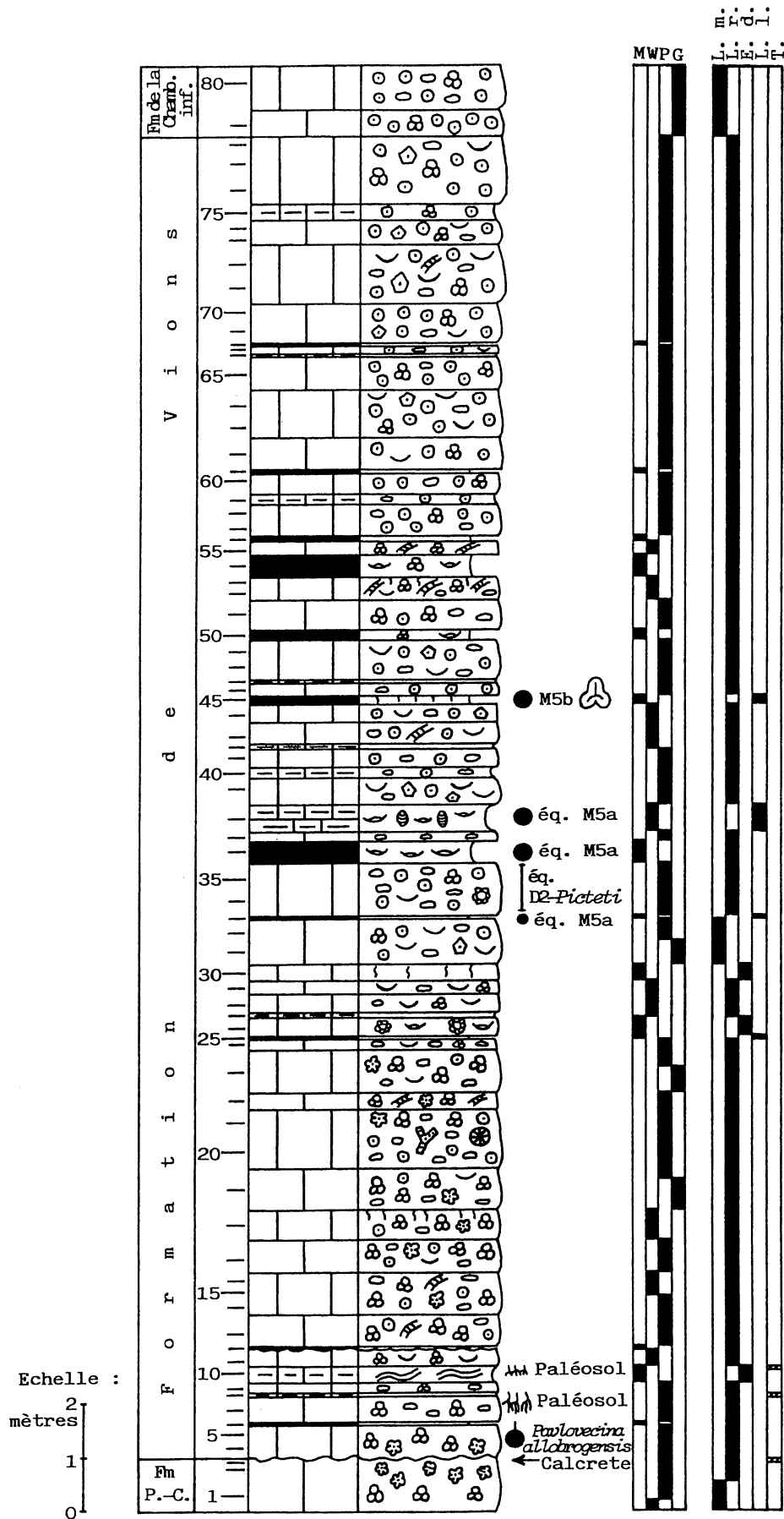


FIG. 44.- Levé de la coupe du Molard de Vions (Jura français méridional).

– **MV 38.** Banc marno-calcaire gris, siliciclastique et très bioturbé. Assemblage de microfossiles essentiellement laguno-lacustres, mais aussi de milieu lagunaire saumâtre ou marin. Niveau de référence cité dans Mojon [1989a]. Charophytes : *Porochara jaccardi* (abondantes). Ostracodes : *Cypridea valdensis obliqua*, *Fabanella boloniensis*, *Macrodentina (Dictyocythere) mediostricta mediostricta*, *Lycocythere sabaudiae*, *Kentrodictyocythere typica*, *Valendocythere helvetica*, *Valendocythere divisa*, *Protocythere mazenoti*, *Pseudoprotocythere aubersonensis*, *Cythereis donzei*, *Pontocyprilla pertuisi*, *Neocythere flandrini*, *Cytherelloidea* aff. *rehburgensis*, *Schuleridea mediocaudata mediocaudata*, *Schuleridea* aff. *juddi*, *Asciocythere circumdata*, *Asciocythere montis*, *Cytherella elongata*, *Cytherella dilatata*, *Xestoleberis? dimorpha*. Foraminifères benthiques : *Nautiloculina cretacea*, *Lenticulina (Lenticulina)* sp. Débris d'Échinodermes (radioles d'Échinidés, articles de Crinoïdes). Vertébrés : dents de Sélaciens.

Remarques d'ordre biostratigraphique et paléogéographique : les niveaux émergifs MV 33-36-38 sont également présents à 7 km au S.-E. dans l'intéressante coupe de La Chambotte, où trois horizons marneux homologues superposés sur environ 2 m ont livré des Charophytes ainsi que des Ostracodes marins et laguno-lacustres [Mojon in Blanc, 1996]. Les deux premiers de ces niveaux d'émergence sont peu développés (10 cm) et se placent dans un intervalle de bancs calcaires qui a fourni des Calpionelles marquant le passage entre les sous-zones D2 et D3, correspondant dans la zonation des Ammonites au passage entre les sous-zones à *Picteti* et à *Alpillensis*. Enfin, le troisième et dernier niveau marneux (marne grise) est nettement plus épais et représente la phase d'émergence la plus développée d'après l'abondance des Charophytes (gyrogonites de *Porochara jaccardi*) et de certains Ostracodes laguno-lacustres (*Fabanella boloniensis* surtout, *Cypridea valdensis obliqua*, *Macrodentina* gr. *mediostricta*).

L'intervalle de bancs regroupant cet ensemble de niveaux émergifs des coupes du Molard de Vions et de la Chambotte ne contient pas toujours des marqueurs biostratigraphiques typiques, mais est néanmoins toujours nettement attribuable par corrélation à la Cénozone continentale M5a (indiquée entre parenthèses ou sous forme d'équivalence). En effet, ces niveaux émergifs sont également bien visibles dans la plupart des affleurements de la Formation de Vions du Jura central (Chapeau de Gendarme) et méridional (Monnetier, Vuache nord, Val de Fier est), ainsi que dans la partie supérieure de la Formation d'Allèves de Chartreuse occidentale (La Pointière) où ils sont souvent bien datés grâce aux Charophytes.

Il s'agit donc là de précieux repères lithostratigraphiques, qui permettent d'établir une corrélation détaillée entre les différentes coupes étudiées ainsi que, accessoirement, de préciser l'attribution chronostratigraphique de la fameuse palynoflore du Pont-de-la-

Dorche en la plaçant au sommet de la sous-zone à *Picteti*. Dans la coupe du Molard de Vions, le banc MV 34-35 correspond donc virtuellement au niveau de référence à *Calpionellopsis* sp. de la Chambotte. De même, conformément à ces observations, un horizon à organismes hémipélagiques (Cadosines et Polymorphinidés) a également été découvert beaucoup plus au sud (50 km) à La Pointière. La présence de tels niveaux à forte influence hémipélagique au sein d'un intervalle émergifs de comblement et dans des coupes situées sur la bordure téthysienne de la plate-forme jurassienne (La Chambotte, La Pointière) suggère une rapide hausse du niveau marin ou alors un approfondissement important des milieux de dépôt bordant au sud la plate-forme jurassienne.

Dans le Jura méridional, les plus typés de ces horizons émergifs permettent de mettre en évidence des maxima d'émergence au passage entre les sous-zones à *Picteti* et à *Alpillensis* au sommet de la Cénozone continentale M5a (Pont-de-la-Dorche), ainsi qu'au passage entre les sous-zones à *Alpillensis* et à *Otopeta* au sein de la Cénozone continentale M5b [Molard de Vions, La Pointière ; Blanc, 1996]. Ceci démontre la progradation vers le sud des faciès deltaïques de la Formation de Vions, qui constituaient un haut-fond subdivisé par des sillons subsidents plus profonds fonctionnant comme des chenaux de marées à dépôts de type turbiditique (alternances marno-calcaires de Val de Fier ouest) et résultant probablement des effets d'une tectonique synsédimentaire locale. Un témoin de l'avancée extrême de ce prisme d'accrétion sédimentaire caractérise la partie supérieure de la Formation d'Allèves de Chartreuse occidentale (La Pointière).

– **MV 40 et 42.** Joints marno-calcaires.

– **MV 43-44.** Bancs calcaires massifs gris clair, avec nombreux débris coquilliers (gros fragments de Lamellibranches plus ou moins recristallisés), Dasycladacées (*Zergabriella embergeri*, MV 43) et un peu de quartz détritique fin.

– **MV 45.** Marne siliciclastique beige foncé à nombreuses bioturbations. Ce niveau caractérise la Cénozone continentale M5b de la biozonation des Charophytes et se retrouve selon un axe d'orientation NNE-SSO [correspondant à la progradation des dépôts deltaïques de type wealdien ; Détraz et Mojon, 1989] dans de nombreux affleurements de la Formation de Vions du Jura méridional (Vuache nord, Pont-de-la-Dorche, Val de Fier est) et au sommet de la Formation d'Allèves de Chartreuse occidentale (La Pointière). Nombreux microfossiles laguno-lacustres et riche palynoflore continentale [échantillon MV 51 in Médus et Mojon, 1991], quelques microfossiles marins. Charophytes : *Hemiglobator steinhauseri* (localité-type), *Perimneste micrandra*, *Flabellochara grovesi*. Ostracodes : *Cypridea valdensis obliqua* (rares et malformés), *Macrodentina (Dictyocythere) mediostricta mediostricta*, *Valendocythere* sp. Spores et pollens : Bialés, *Alisporites bilateralis*, *Applanopsis dampieri*,

Applanopsis turbatus, *Aratrisporites* sp., *Bullasporis aequatorialis*, *Bullasporis minibullata*, *Cerebropollenites mesozoicus*, *Cicatricosisporites striatus*, *Classopollis torosus*, *Converrucosisporites variverrucatus*, *Cyathidites minor*, *Deltoidospora germanica*, *Densosporites microrugulatus*, *Dictyophyllidites adiaphoros*, *Dictyophyllidites equiexinus*, *Dictyophyllidites* sp., *Eucommiidites minor*, *Ischyosporites estherae*, *Leiotriletes torisimilis*, *Leiotriletes belowensis*, *Leptolepidites epacrornatus*, *Lycopodiumsporites* cf. *elongatus*, *Pinus* sp., *Pollenites serratus*, *Rugubivesiculites reductus*, *Spheripollenites psilatus*, *Staplinisporites caminus*, *Trilobosporites obsitus*, *Trilobosporites aequiverrucosus*, *Trilobosporites crassangularis*, *Trilobosporites weylandii*, autres spores et pollens divers. Foraminifères benthiques : *Trocholina* gr. *alpina-elongata*, *Pseudocyclammina lituus*. Débris d'Échinodermes (radioles d'Échinidés, articles de Crinoïdes). Vertébrés : dents broyeuses de Pycnodontidés (poissons Téléostéens/Actinoptérygiens).

Remarque : au Pont-de-la-Dorche, ce niveau émerseur de la Cénozone continentale M5b a été retrouvé environ 3 m au-dessus du fameux horizon à palynoflore continentale (M5a) et a livré de nombreux microfossiles laguno-lacustres et marins. Charophytes : *Hemiglobator steinhauseri*, *Porochara jaccardi*. Ostracodes : *Cypridea valdensis obliqua*, *Macrodentina* (*Dictyocythere*) *mediostricta mediostricta*. Foraminifères benthiques : *Trocholina* gr. *alpina-elongata*, *Nautiloculina cretacea*. Débris d'Échinodermes (radioles d'Échinidés).

– **MV 46-48-49-51.** bancs calcaires massifs gris plus ou moins foncé, avec un peu de quartz détritique, oïdes micritisés, quelques Foraminifères benthiques, débris coquilliers, quelques bioturbations (MV 46) et un peu de pyrite (MV 48, 49)

– **MV 47.** Joint marno-calcaire.

– **MV 50.** Marne siliciclastique gris verdâtre, bioturbée, avec microfossiles marins. Ostracodes : *Valendocythere helvetica*, *Valendocythere divisa*, *Neocythere flandrini*, *Schuleridea mediocaudata mediocaudata*, *Schuleridea* aff. *juddi*, *Asciocythere circumdata*, *Asciocythere montis*, *Cytherella elongata*. Foraminifères benthiques : *Trocholina* gr. *alpina-elongata*, *Nautiloculina cretacea*, *Nautiloculina broennimanni*, Lenticulines. Débris d'Échinodermes (radioles d'Échinidés).

– **MV 52-53-55.** Bancs calcaires massifs gris plus ou moins foncé, avec nombreux Foraminifères benthiques (Trocholines en particulier) et Dasycladacées (Clypéines, Salpingoporelles, *Zergabriella embergeri*), quelques débris coquilliers, traces de pyrite et un peu de quartz détritique fin. Quelques bioturbations remplies de micrite gréseuse (MV 53).

– **MV 54.** Marne ferrugineuse gris foncé (couleur rouille par altération) à nombreuses bioturbations, avec microfossiles marins et de milieu lagunaire saumâtre. Ostracodes : *Macrodentina* (*Dictyocythere*) *medio-*

stricta mediostricta, *Lycoperocypris sabaudiae*, *Paranotacythere favulata*, *Valendocythere helvetica*, *Valendocythere divisa*, *Cythereis donzei*, *Exophthalmocythere pustulosa*, *Pontocyprilla pertuisi*, *Schuleridea mediocaudata mediocaudata*, *Schuleridea mediocaudata parallela*, *Asciocythere circumdata*, *Asciocythere montis*, *Cytherella elongata*, *Xestoleberis* ? *dimorpha*. Foraminifères benthiques : *Trocholina* gr. *alpina-elongata*, *Nautiloculina cretacea*, Ataxophragmiidés, Lenticulines. Débris d'Échinodermes (radioles d'Échinidés).

– **MV 56.** Marne siliciclastique et ferrugineuse gris foncé (couleur brun-rouille par altération), avec microfossiles marins. Ostracodes : *Valendocythere helvetica*, *Eocytheropteron abundens*, *Schuleridea mediocaudata mediocaudata*, *Cytherella elongata*. Foraminifères benthiques : *Trocholina* gr. *alpina-elongata*, *Nautiloculina cretacea*, *Hoffatella pyrenaica*, Lenticulines. Dasycladacées : *Clypeina jurassica*. Débris d'Échinodermes (radioles d'Échinidés, articles de Crinoïdes).

– **MV 57-58-60 et 62 à 65.** Bancs calcaires massifs gris foncé à beige-brun (brun-rouille par altération), ferrugineux, de granulométrie fine (MV 57-58-60-62) à grossière (MV 64-65), riches en quartz détritique fin. Localement, ciment microsparitique et pyrite (MV 58), gros débris coquilliers (Lamellibranches et Échinodermes, MV 64-65).

– **MV 59.** Joint marno-calcaire.

– **MV 61.** Marne ferrugineuse gris foncé.

– **MV 66.** Joint marno-calcaire.

– **MV 67-69 à 74 et 76 à 78.** Bancs calcaires massifs ferrugineux gris foncé à brun-rouille (rougeâtres par altération), oolithiques (très beaux oïdes, MV 70-72-74), granulométrie assez grossière (gros débris coquilliers, MV 69-72) ou fine (MV 73-77 sommet), quartz détritique fin localement abondant (MV 69-71-72-74-76-77), traces de pyrite (MV 70-73-74), rares Serpules (MV 72) et débris ligniteux (MV 77 sommet), relativement peu de Foraminifères benthiques, quelques Dasycladacées (*Zergabriella embergeri*, MV 74) et Nérinées (MV 70-72-74-78). Il s'agit ici de dépôts subtidaux de barre sableuse oolithique et bioclastique, peu profonds et soumis à des courants relativement importants. L'emplacement distal de cette barre oolithique émergente formant une barrière explique l'absence d'Ammonites flottées dans les dépôts transgressifs de la partie inférieure de la Formation de la Chambotte du Jura méridional.

– **MV 68.** Marne siliciclastique et ferrugineuse grise.

– **MV 75.** Joint marno-calcaire siliciclastique.

2.7.3. Formation de la Chambotte (partie inférieure)

– **MV 79-80.** Bancs calcaires massifs beige clair à rosâtres, oolithiques à ciment microsparitique, avec quelques Foraminifères benthiques et débris coquilliers.

2.8. Description de la coupe de La Pointière (fig. 45)

Coupe déjà décrite par Santos-Narvaez [1980], Boisseau [1987] et Détraz [1989]. Formations lithologiques du domaine présubalpin (Formation d'Allèves et Formation du Calcaire du Fontanil) en bordure de la plate-forme jurassienne. Echantillons LPo 1 à 52.

Par rapport au domaine jurassien, l'intervalle LPo 1 à 3 constitue l'équivalent probable de la partie sommitale de la Formation de Pierre-Châtel. Ainsi, l'intervalle suivant LPo 4 à 47 correspond vraisemblablement à la Formation de Vions, l'intervalle restant LPo 48 à 52 représentant alors la partie inférieure de la Formation de la Chambotte.

2.8.1. Formation d'Allèves

2.8.1.1. Faciès marins calcaires massifs

– **LPo 1 à 3.** Calcaires massifs bioclastiques beiges, à texture grossière et ciment (matrice) sparitique, débris coquilliers de Mollusques (Lamellibranches/Rudistes : *Valletia* sp., Gastéropodes/Nérinées) et d'Échinodermes, Foraminifères benthiques (Trocholines, Ataxophragmiidés, Miliolles, Lituolidés : *Pseudocyclamina lituus*), pellets et intraclastes. Dans la partie supérieure LPo 3, faciès de plage à *keystone vugs* et troncatures décimétriques en biseau (petites barres sableuses bioclastiques).

– **LPo 4 à 6.** Petit banc de calcaire micritique blanchâtre (LPo 5) avec quelques rares Ataxophragmiidés, encadré par deux interbancs marneux rubéfiés (LPo 4 et 6 de couleur rougeâtre) correspondant à des horizons de condensation (discontinuités stratigraphiques). Surface supérieure du banc calcaire durcie (*hard-ground*), perforée par des lithophages et présentant de très beaux remplissages sparitiques de terriers.

– **LPo 7 à 15.** Calcaires massifs de couleur plus ou moins foncée grise (LPo 8 à 11) à beige, voire blanchâtre (LPo 12). Matrice micritique à micro-sparitique (LPo 14-15), petits oncoïdes, débris coquilliers de Mollusques et de Coraux (LPo 9 à débris de Coraux diagénétisés présentant de magnifiques remplissages géotropes), Foraminifères benthiques (Trocholines, Ataxophragmiidés, Miliolles, Pseudocyclamines), Dasycladacées, pellets, intraclastes et un peu de quartz détritique fin. LPo 7 est encadré par deux surfaces rubéfiées et stylolithisées. LPo 11 présente en outre des fissures de dessiccation (émersion).

– **LPo 16 à 27.** Calcaires massifs et marno-calcaires de couleur plus ou moins foncée grise (LPo 18 et 27) à beige. Matrice en général micritique, parfois micro-sparitique (LPo 20, 22, 26), oncoïdes, Serpules et Brachiopodes (LPo 16), débris coquilliers divers de Mollusques (Lamellibranches/Ostréides, Gastéropodes), d'Échinodermes et de Coraux (LPo 21-22), petits Foraminifères benthiques (Trocholines, Ataxophragmiidés, Miliolles), pellets, intraclastes et un peu de quartz détritique fin. LPo 16 a livré *Pavlovecina allobrogensis* (rares et remaniés). LPo 20 correspond à deux horizons successifs de tempestites (accumulations bioclastiques de débris d'Ostréides, avec figures géotropes de remplissage). LPo 23 constitue un superbe faciès à gros oncoïdes centimétriques (gris-beige foncé à jaunâtre par altération). LPo 19 et 25 sont marno-calcaires, LPo 25 a en outre livré des microfossiles marins. Ostracodes : *Valendocythere divisa*, *Cythereis donzei*, *Bairdia major*. Dasycladacées : *Clypeina jurassica*.

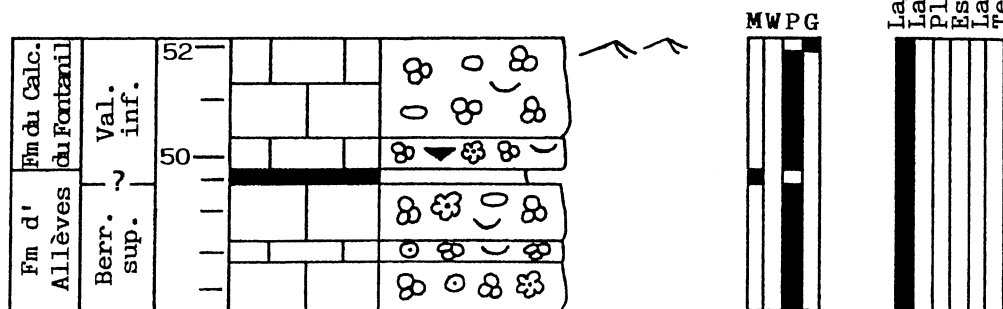
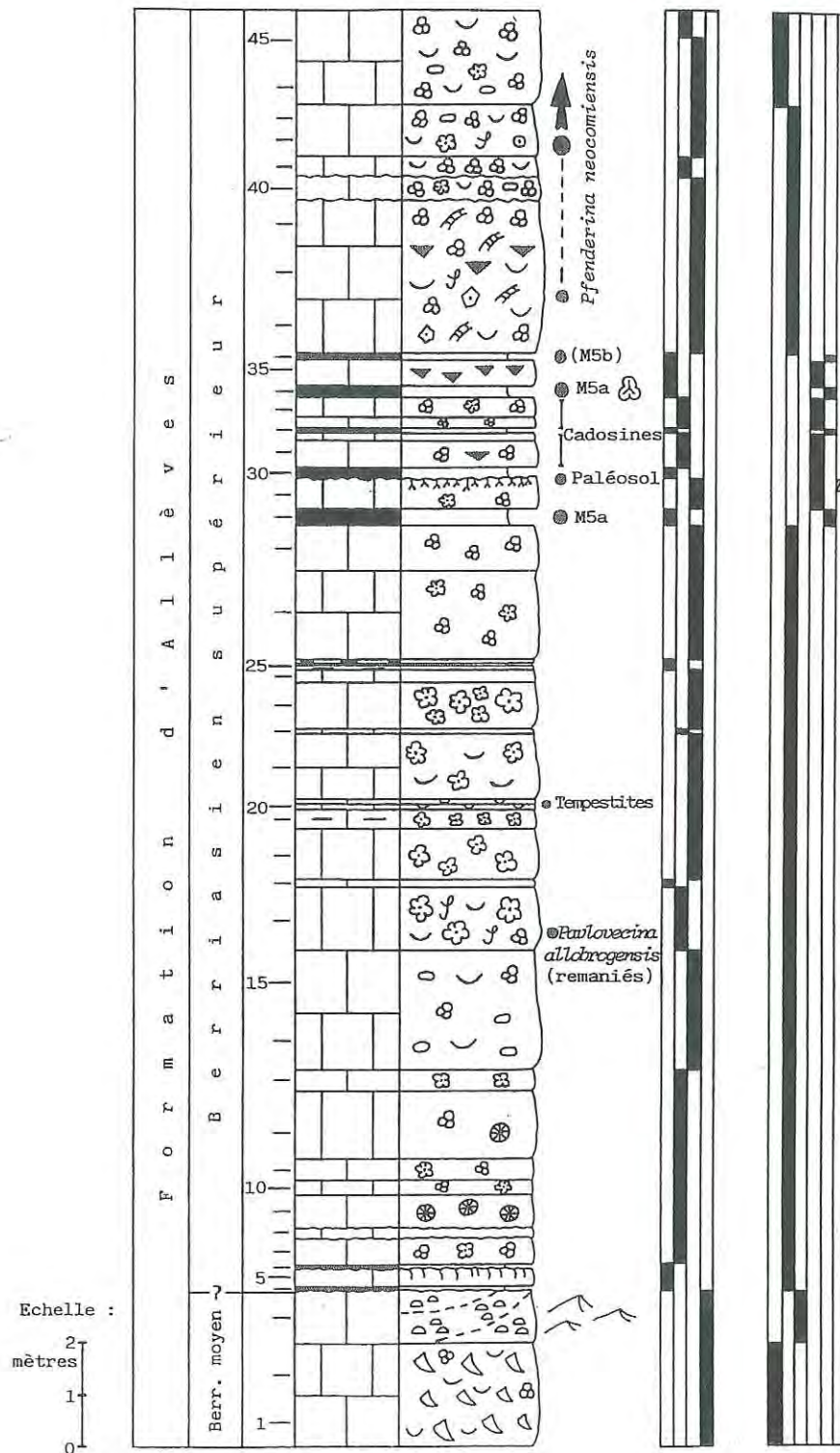


FIG. 45.— Levé de la coupe de La Pointière (Chartreuse occidentale).

Erratum

Par suite d'une erreur de mise en page, la deuxième partie de la figure 45 (coupe de la Pointière) manque dans ce volume. Vous la trouverez ci-dessous.



2.8.1.2. Faciès deltaïques estuariens siliciclastiques

– **LPo 28.** Marne gris-verdâtre à microfossiles marins et laguno-lacustres de la Cénozone continentale M5a. Charophytes : *Hemiglobator nurrensis*, *Perimneste micrandra*, *Feistiella bijuescensis*. Ostracodes : *Cypri-dea valdensis obliqua*, *Macrodentina (Dictyocythere) mediostricta mediostricta*, *Lycoperocypris sabaudiae*, *Kentrodictyocythere typica*, *Valendocythere helvetica*, *Valendocythere divisa*, *Bairdia major*, *Cytherelloidea aff. rehbургensis*, *Asciocythere circumdata*, *Asciocythere montis*, *Cytherella elongata*. Foraminifères benthiques : *Trocholina* gr. *alpina-elongata*, *Everityclammina* sp., *Nautiloculina cretacea*, Miliolles. Dasycladacées : *Clypeina jurassica*. Vertébrés : dents de Pycnodontidés (poissons Téléostéens/Actinoptérygiens).

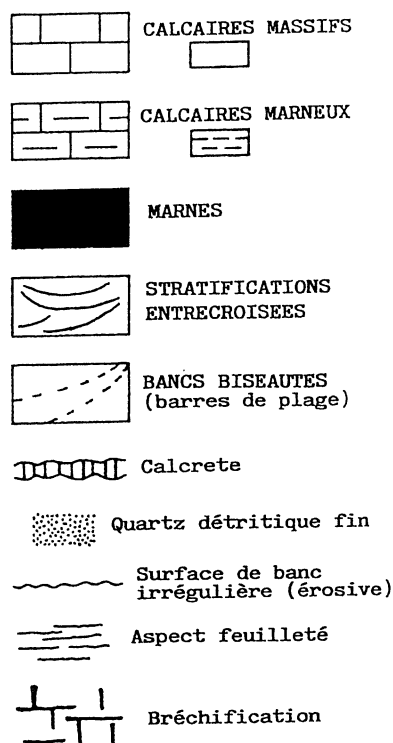
– **LPo 29.** Calcaire micritique gris foncé, d'aspect gréseux et très bioturbé (banc noduleux), à petits

oncoïdes, débris coquilliers divers, Trocholines et Miliolles. Surface supérieure constituant un superbe paléosol à traces ligniteuses de racines.

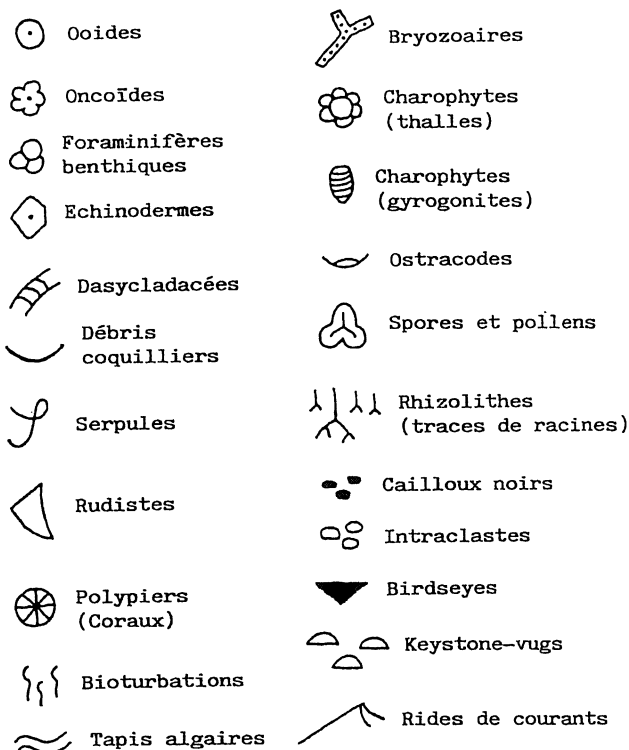
– **LPo 30.** Marne argileuse plastique de couleur brun-verdâtre foncé, ferrugineuse, à gros fragments de lignite et quelques rares microfossiles marins très corrodés. Foraminifères benthiques : *Trocholina* gr. *alpina-elongata*. Dents de Pycnodontidés (poissons Téléostéens/Actinoptérygiens). Ce niveau correspond à un dépôt de paléomangrove, équivalent aux vraies mangroves à Palétuviers (Angiospermes, Dicotylédones) connues depuis le Tertiaire inférieur.

– **LPo 31 à 33.** Calcaires micritiques (LPo 31, 33) et marne (LPo 32) beige-jaunâtre. Les calcaires présentent des *bird's eyes* (LPo 31), quelques bioturbations et débris coquilliers, Foraminifères benthiques (Trocholines, Ataxophragmiidés, Miliolles, Lituolidés : *Nautiloculina cretacea*, *Nautiloculina broennimanni* ; Nodosariidés, Polymorphinidés), oncoïdes, intraclastes,

LITHOLOGIE :



ELEMENTS DES FACIES ET MICROFACIES :



TEXTURES :

M : mudstone
W : wackestone
P : packstone
G : grainstone

FACIES :

L. m. : lagon marin
L. r. : lagon restreint
E. d. : estran deltaïque
L. l. : laguno-lacustre
T. : terrestre

ELEMENTS DE DATATION ET DE CORRELATION :

M5a, M5b : cénozones continentales de
MOJON *in* DÉTRAZ & MOJON (1989)

ainsi qu'une association paradoxale de gyrogonites de *Porochara jaccardi* (Charophytes) et d'organismes hémipélagiques *incertae sedis* tels que des Cadosines (*Cadosina fusca* WANNER, 1940 ; dét. J. Remane, comm. pers. 1992). Ces niveaux calcaires encadrent l'horizon émerseur marneux LPo 32 et se rapportent à un environnement marin margino-littoral peu profond et confiné, influencé simultanément par des apports continentaux d'eau douce (delta fluvio-lacustre à Charophytes et quartz détritique fin) et marins d'origine hémipélagique (Cadosines, Polymorphinidés). Ces apports hémipélagiques dénotent dès le banc LPo 31 un approfondissement rapide et important du domaine marin situé en bordure sud de la plate-forme jurassienne, annonçant ainsi la transgression valanginienne.

Le niveau marneux **LPo 32** a livré une association mixte de microfossiles laguno-lacustres et marins. Charophytes : *Porochara jaccardi*. Ostracodes : *Cypridea valdensis obliqua*, *Fabanella boloniensis*, *Lycopterocypris sabaudiae*, *Schuleridea* sp., *Cytherella* sp. Foraminifères benthiques : *Trocholina* gr. *alpina-elongata*, *Nautiloculina cretacea*, petits Lituolidés.

– **LPo 34**. Marne brun-verdâtre ferrugineuse et ligniteuse, avec organismes laguno-lacustres [niveau de référence cité dans Mojon, 1989a] de la Cénozone continentale M5a et palynoflore continentale [échantillon Po 1012A in Médus et Mojon, 1991] associés à quelques microfossiles marins. Charophytes : *Hemiglobator nurrensis*, *Perimneste micrandra*, *Flabellochara grovesi*, *Feistiella bijuescensis*, *Mesochara* gr. *harrisi*. Ostracodes : *Cypridea valdensis obliqua* (abondants), *Bairdia major*. Foraminifères benthiques : *Trocholina* gr. *alpina-elongata*, Lenticulines. Spores et pollens : *Biaillés*, *Anemia schimperiana*, *Anemia tenella*, *Aratrisporites* sp., *Bullasporis aequatorialis*, *Bullasporis minibullata*, *Cerebropollenites mesozoicus*, *Cicatricosisporites striatus*, *Classopollis torosus*, *Cyathidites minor*, *Deltoidospora germanica*, *Densoisporites microrugulatus*, *Dictyophyllidites harrisii*, *Dictyophyllidites* sp., *Eucommiidites* sp., *Gleicheniidites senonicus*, *Gleicheniidites* sp., *Klukisporites pseudoreticulatus*, *Leiotriletes mecklenburgensis*, *Marattisporites scabratus*, *Microreticulatisporites diatretus*, *Podocarpidites* sp., *Vitreisporites pallidus*, autres spores et pollens divers. Débris d'os de poissons (Téléostéens/ Actinoptérygiens).

– **LPo 35**. Calcaire micritique gris clair, lité, à très nombreux *bird's eyes* (lofélite).

– **LPo 36**. Marne grise avec association mixte de microfossiles marins et laguno-lacustres de la Cénozone continentale M5b. Charophytes : *Hemiglobator* cf. *steinhauseri* (remaniés et fragmentés), *Perimneste micrandra*. Ostracodes : *Cypridea* sp., *Valendocythere helvetica*, *Valendocythere divisa*, *Cythereis donzei*, *Schuleridea* sp., *Asciocythere* sp. Foraminifères benthiques : *Feurtillia* aff. *frequens*.

2.8.1.3. Faciès marins calcaires massifs

– **LPo 37 à 41**. Calcaires massifs micritiques de couleur plus ou moins foncée grise à beige, avec taches ferrugineuses, débris coquilliers divers (Mollusques, Brachiopodes, Échinodermes), pellets, intraclastes, quelques ooides et oncoïdes, Dasycladacées, Serpules, petits Foraminifères benthiques (rares *Pfenderina neocomiensis* dans LPo 37-38, Trocholines, Ataxophragmiidés, Miliolles). Localement, *bird's eyes* et fissures de dessiccation (émersion). Dans la partie basale (LPo 37), quartz détritique fin encore abondant (apports détritiques deltaïques) ainsi que présence de Cadosines, Polymorphinidés et Nodosariidés indiquant l'influence d'un milieu marin hémipélagique (début de la transgression valanginienne). Dans la partie tout à fait supérieure de cette succession de bancs, LPo 40 est délimité par deux surfaces de discontinuité bréchifiées et rubéfiées.

– **LPo 42 à 51**. Calcaires massifs de couleur grise à beige plus ou moins foncée, matrice micritique à microsparitique, taches ferrugineuses, débris coquilliers divers (Mollusques, Brachiopodes, Échinodermes), ooides, oncoïdes, pellets, intraclastes, Dasycladacées, Serpules, Foraminifères benthiques (*Pfenderina neocomiensis*, Trocholines, Ataxophragmiidés, Miliolles, Nodosariidés, Lituolidés : *Pseudocyclammina lituus*, *Choffatella pyrenaica*, *Nautiloculina cretacea*, *Nautiloculina broennimanni*). Localement, encore quelques *bird's eyes* (LPo 50) et un peu de quartz détritique fin. Le niveau **LPo 49** correspond à une marne jaunâtre siliciclastique à microfossiles marins. Ostracodes : *Valendocythere helvetica*, *Valendocythere divisa*, *Cythereis matura*. Foraminifères benthiques : *Trocholina* gr. *alpina-elongata*, petits Lituolidés. Ce niveau marneux est d'âge nettement valanginien inférieur d'après les Ostracodes et correspond probablement aux Marnes d'Arzier A du Jura central. Depuis LPo 50, passage à la Formation du Calcaire du Fontanil (Valanginien).

2.8.2. Formation du Calcaire du Fontanil (LPo 50 à 52, pro parte)

– **LPo 52**. Calcaire massif blanchâtre et bioclastique (calcarénite), avec ooides, intraclastes, nombreux Foraminifères benthiques (*Pfenderina neocomiensis*, Trocholines, Ataxophragmiidés, Miliolles, Nodosariidés, *Pseudocyclammina lituus*, Nautiloculines). Faciès transgressif peu profond correspondant au type du Calcaire du Fontanil, à texture grainstone et ciment (matrice) sparitique, constituant des microrides de courant (houle) signalant la proximité d'une plage.

Ce niveau correspond au dernier ressaut net dans la topographie avant une interruption des affleurements due au couvert végétal.

3. VALANGINIEN ET PASSAGE VALANGINIEN – HAUTERIVIEN DU JURA (fig. 46, 47)

3.1. Introduction

Bien que très inégalement développé dans le Jura, le Valanginien ne résulte absolument pas d'une "extrême condensation" [Valanginien supérieur ; Donze et Thieuloy, 1975]. Une telle affirmation est basée sur des observations localisées et ne tient pas du tout compte de la série remarquable du ravin du Colas, près de Ste-Croix dans le Jura suisse occidental.

Dans le Jura central, le Valanginien a livré une riche faune d'invertébrés marins étudiée dès le siècle passé [Pictet et Campiche, 1858-1871 ; De Tribolet, 1859 ; De Loriol, 1868 ; Schnorf-Steiner et Guillaume, 1965 ; Remane *et al.*, 1989].

Globalement, les dépôts du Valanginien du Jura franco-suisse se répartissent selon deux aires paléogéographiques (fig. 2 et 85) :

1. Le Jura central avec les Marnes d'Arzier, les Calcaires roux *sensu lato* et les Marnes à *Astieria* ou à Bryozoaires (région de Ste-Croix : Colas, l'Auberson ; région de Neuchâtel : Gor du Vauseyon, Valangin, Gorges de l'Areuse, Cressier, Le Landeron ; Département du Doubs : Maréchet, Villers-le-Lac).
2. Le Jura méridional avec la Formation de la Chambotte incluant le Membre du Guiers et la Formation du Bourget (La Chambotte, Salève).

Toutefois, ces deux aires principales se raccordent par une zone de passage ou de transition présentant une succession mixte et plus ou moins complète des diverses formations reconnues dans le Jura central et méridional (Chapeau de Gendarme, Fort de l'Écluse, Vuache nord).

3.2. Sédimentologie, interprétation séquentielle et corrélations (fig. 46A à C, 47)

Dans le Jura méridional et une partie du Jura central, la Formation de la Chambotte correspond à des faciès de lagon marin peu profonds (calcaires massifs blanchâtres), confinés et relativement calmes à ooïdes, Dasycladacées et Foraminifères benthiques dont notamment des Pseudorhynchonelles ainsi que des Orbitolinidés primitifs.

Les autres formations du Valanginien du Jura franco-suisse correspondent également à des dépôts marins littoraux et peu profonds, très enrichis en débris d'Echinodermes (Crinoïdes, Échinides, Astéries, Ophiures) et de Bryozoaires. Des restes osseux et des dents de poissons (Pycnodontes : Téléostéens/Actinoptérygiens ; Sélaciens) y sont en outre assez fréquents. L'abondance des bioclastes et des figures sédimentaires en rides de courant caractérisant le Membre du Guiers ainsi que les Calcaires roux indique très nettement des milieux de dépôt hautement hydrodynamiques. Ceux-ci

forment des remplissages de chenaux de marée, constitués dans le Jura central dès le Berriasien moyen (fig. 46A à C et 47), d'orientation nord-sud et à base érosive ravinant l'Unité Supérieure Gréseuse (U. S. G.) du Berriasien supérieur (Colas, carrière Juracime), et qui sont très inégalement développés et répartis comme l'atteste l'extension très variable des dépôts valanginiens du Jura central [Steinhauser et Charollais, 1971 ; Adatte, 1988 ; Blanc, 1996].

Influencés au sud par les marées de l'océan téthysien et alimentés à partir du nord par les apports détritiques siliciclastiques de deltas fluviaux boréaux (U. S. G. et Marnes d'Arzier), ces chenaux de la plate-forme jurassienne ont représenté des voies de communication entre les domaines téthysien et boréal dès le Berriasien moyen comme le démontre clairement la présence de Dinokystes boréaux d'affinité valanginienne [Millioud, 1967 ; Dörhöfer et Norris, 1977a] à la base de l'Unité Inférieure Oolithique (U. I. O.) de Valangin (en association avec des formes téthysiennes du Tithonien ; H. Leereveld, comm. écrite 1991).

Ces échanges se sont cependant surtout développés au Berriasien supérieur et durant tout le Valanginien d'après les faunes d'ammonites récoltées dans le Jura central [Bulot, 1992]. Ces chenaux de marées du Berriasien-Valanginien résultent probablement des effets d'une tectonique synsédimentaire de type distensif et d'origine tardi-hercynienne mise en évidence dans les faciès purbeckiens et wealdiens du Jura central et méridional (chap. 8).

Dans la série valanginienne très complète du Colas servant de référence (fig. 47), la présence de débris ligniteux (bois flottés et paléosols à racines) au sommet des Marnes d'Arzier A et B ainsi qu'à la base des Calcaires roux directement superposés [Blanc, 1996] traduit deux événements émergifs globaux d'âge valanginien inférieur à l'échelle du domaine nord-téthysien, qui permettent d'importantes corrélations séquentielles. L'un se rapporte à une première phase d'émersion soulignée par des Ostracodes de milieu lagunaire-saumâtre (Marnes d'Arzier A du Colas et du Landeron, fig. 47) et peut être attribué à la Zone à *Pertransiens* d'après les Dinokystes marins présents (H. Leereveld, comm. écrite 1994). Cet événement a également été reconnu dans le Jura méridional [Deville, 1990] sous forme d'un paléokarst entre la partie inférieure de la Formation de la Chambotte et le Membre du Guiers du Salève et a pu y être daté précisément de la Zone à *Pertransiens* (Zone E des Calpionelles). Ce premier épisode émergif du Valanginien inférieur du Jura se retrouve de même dans le S.-E. de la France à Berrias (Ardèche), où le banc 200 marquant la base du Valanginien a livré des microfossiles laguno-lacustres tels que des Ostracodes (*Lycoperocypris sabaudiae*, *Macrodentina* (D.) *mediostriata mediostriata*, *Cypridea* sp.) et des Charophytes (gyrogonites de *Porochara* sp.) très caractéristiques [Donze et Le Hégarat, 1965, 1966 ; Neale, 1967]. Plus tardivement, la présence de cet

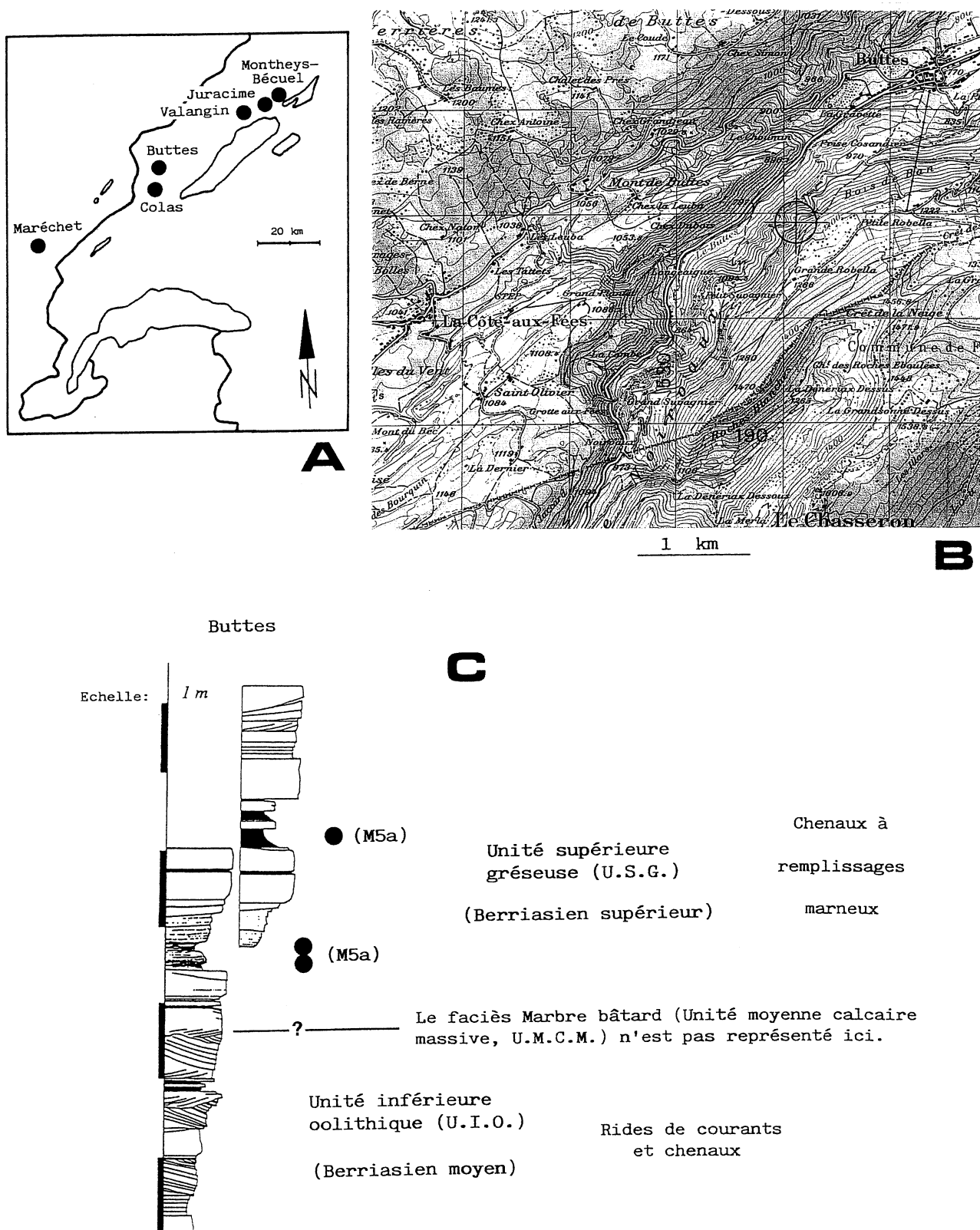


FIG. 46.— A : plan de situation des coupes de référence de la fig. 47. B : plan de situation de la coupe de Buttes (d'après la carte nationale de la Suisse au 50.000^e ; feuille 241, Val-de-Travers). C : détail (sédimentologie et micropaléontologie) de la coupe de Buttes [d'après Blanc, 1996].

événement émersif a aussi été relevée dans le N.-E. de l'Espagne (Maestrazgo) au sein de la Formation Herbers et en Basse-Provence (S.-E. de la France) dans la partie inférieure des Calcaires Blancs Supérieurs [Mojon, 1996].

Le second épisode émersif (Marnes d'Arzier B du Colas) a pu être attribué à la Zone à *Stephanophorus* également grâce aux Dinokystes marins (H. Leereveld, comm. écrite 1994), dont certaines formes liées au milieu océanique permettent toutefois de distinguer une

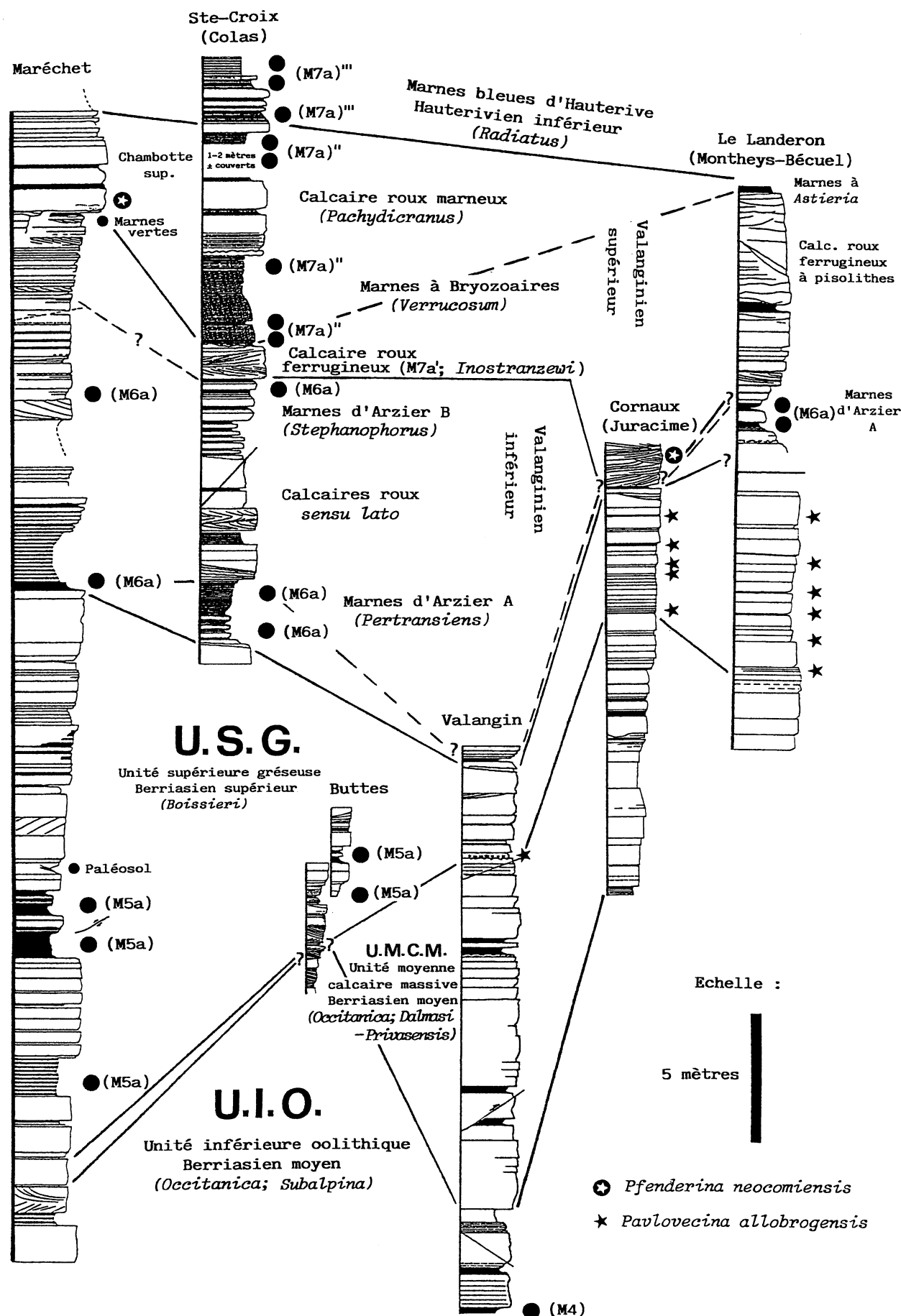


FIG. 47. – Schéma des corrélations litho- et biostratigraphiques entre les coupes du Berriasio-Valanginien du Jura central [modifié d'après Blanc, 1996]. Les assemblages d'Ostracodes M5a, M6a et M7a sont reportés entre parenthèses, car il s'agit d'équivalents marins s'intégrant au sein des Cénozones continentales correspondantes.

nette et forte tendance transgressive. Cette seconde phase d'émergence de la fin du Valanginien inférieur précède d'ailleurs immédiatement les dépôts transgressifs oolithiques et échinodermiques à stratifications entrecroisées (rides de courant) des Calcaires roux ferrugineux à pisolithes et éléments de paléosols remaniés du Jura central [Blanc, 1996] ainsi que du Calcaire roux du Jura méridional, qui constituent la partie basale du Valanginien supérieur (Zone à *Inostranzewi*). Fait significatif confortant ce schéma, un niveau d'émergence a également été observé au Salève (Jura méridional) sous la forme d'un *beach-rock* (dépôt induré de plage) entre le Membre du Guiers et le faciès Calcaire roux sus-jacent appartenant à la Formation du Bourget [Deville, 1990].

Dans le Jura central, les dépôts chenalisés du Calcaire roux sont recouverts et scellés par les Marnes à *Astieria* ou à Bryozoaires du Valanginien supérieur. Les Marnes à *Astieria* correspondent à des marnes jaunes plastiques indiquant comme les Marnes d'Arzier un milieu de dépôt toujours peu profond, mais par contre beaucoup plus calme et confiné. Ces Marnes à *Astieria* sont peu épaisses et largement répandues dans le Jura central, principalement la région de Neuchâtel et celle de Villers-le-Lac (Doubs, France). Au Colas, les Marnes à Bryozoaires constituent en revanche une exception notable avec les Calcaires roux marneux qui les surmontent, de par les dimensions probablement exceptionnelles du chenal de marée présent à cet endroit (chenal principal ?) et dont ces faciès forment le remplissage atypique. Il s'agit d'un épais dépôt de marnes gris-clair ferrugineuses et de Calcaires roux en grande partie marno-calcaires de couleur grise à jaunâtre (par altération). Partout dans le Jura, le passage du Valanginien supérieur à l'Hauterivien est indiqué par un changement très marqué de coloration. Les couleurs claires grisâtres à jaunâtres, voire brun-rouille, des Calcaires roux et des Marnes à *Astieria* ou à Bryozoaires passent sans transition aux marnes gris-foncé de l'Hauterivien inférieur dites "Marnes bleues d'Hauterive" toujours très enrichies en débris d'Échinodermes. Ce changement de couleur indiquant *grosso modo* la limite Valanginien/Hauterivien traduit certainement des modifications importantes dans la répartition-circulation des courants marins et l'oxygénation des milieux de dépôt ainsi que des sédiments, qui passent d'un stade oxydant à dominance plutôt jaunâtre à brune (proche de l'émergence) à un stade réducteur (anoxique) plus profond de mer ouverte générant la formation de pyrite et de glauconie (couleur gris-bleu foncé). Ce passage brusque traduit un événement géologique important et généralisé en Europe occidentale, qui se rapporte à la transgression hauterivienne ("*global-event*") et correspond à une phase rapide d'ouverture de la Téthys nord-occidentale, en induisant par un renouvellement fondamental des faunes et des flores une évolution biologique marquée des organismes marins et margino-littoraux (Ammonites, Ostracodes, Charophytes).

Enfin et exceptionnellement, des faciès carbonatés de plate-forme (calcaires blancs de lagon marin) se sont installés très localement dans le Jura central [Maréchet ; Adatte, 1988 ; Blanc, 1996] et peuvent être mis en relation avec la partie supérieure calcaire massive de la Formation de la Chambotte du Jura méridional, très inégalement développée et souvent remplacée par le faciès Calcaire roux de la Formation du Bourget. À cet égard, ces faciès de plate-forme interne présentent dans leur partie basale des intraclastes remaniés de marne verte laguno-lacustre, une particularité intéressante car d'autres indices d'émergence ont également été relevés dans le Jura central au niveau des Marnes à Bryozoaires de l'Auberson (cf. Ostracode lacustre du genre *Cypridea*, § 3.3.) et au Salève (Jura méridional) sous la forme d'une surface érosive dans la partie basale du faciès Calcaire roux de la Formation du Bourget [Deville, 1990]. Ainsi, d'une manière générale, ces indices d'émergence du Valanginien supérieur du Jura permettent d'établir une corrélation entre les Marnes à *Astieria* ou à Bryozoaires du Jura central et la partie supérieure de la Formation de la Chambotte du Jura méridional, tout en évoquant à plus vaste échelle la proximité des dépôts continentaux wealdiens du Bassin parisien [Fauvel *et al.*, 1980].

3.3. Micropaléontologie, biostratigraphie et paléoécologie

Le Valanginien du Jura franco-suisse est bien caractérisé par ses microfaunes de Foraminifères benthiques et d'Ostracodes, quelques rares Calpionelles, Dasycladacées et Charophytes, ainsi que par une riche microflore de spores et pollens continentaux.

Foraminifères benthiques [Adatte, 1988 ; Blanc, 1996 ; voir aussi liste § 2.1].

Les Foraminifères benthiques sont représentés par des formes typiques dont les plus remarquables sont bien connues dans les "Calcaires Blancs" du Valanginien de Basse-Provence, des Pyrénées, du Maestrazgo (Espagne) et de Sardaigne (pour la nomenclature et les synonymies, voir aussi Loeblich et Tappan, [1964] en ce qui concerne toutes les références antérieures à cette dernière date) :

Pavonitidés : *Pfenderina neocomiensis*.

Orbitolinidés :

Valdanchella aff. *miliani* (SCHROEDER, 1968) – CANÉROT & MOULLADE, 1971.

Cribellopsis n. sp. 1 (nouvelle espèce à décrire).

Paracoskinolina pfenderae CANÉROT & MOULLADE, 1971.

Paracoskinolina cf. *sunnilandensis* (MAYNC, 1955) – ARNAUD-VANNEAU, 1980.

Lituolidés :

Pseudocyclammina lituus.

Pseudocyclammina spp.

Choffatella pyrenaica.
Nautiloculina cretacea.
Nautiloculina broennimanni.
Eclusia moutyi SEPTFONTAINE, 1971.
Torinosuella peneropliformis (YABE & HANZAWA, 1926) – MAYNC, 1959.
Ammocycloloculina erratica (= "*Broeckinella magna*") SEPTFONTAINE, 1978 ; A. Arnaud-Vanneau, comm. pers. 1991).
Buccicrenata italica DIENI & MASSARI.
Acruliammina neocomiana BARTENSTEIN (espèce encroûtante).

Textulariidés :

Montsalevia gr. *elevata*.
Montsalevia salevensis (CHAROLLAIS, BRÖNNIMANN & ZANINETTI, 1966) – ZANINETTI *et al.*, 1987.

Nodosariidés :

Lenticulina nodosa (REUSS).
Lenticulina (*Lenticulina*) spp.
Lenticulina (*Vaginulopsis*) sp.

Parmi toutes ces formes dont la plupart sont largement répandues, il faut relever la découverte et l'abondance particulière de *Torinosuella peneropliformis* (dét. A. Arnaud-Vanneau, comm. pers. 1991) dans les Marnes d'Arzier A du Colas, ce taxon n'étant pas connu auparavant dans le Jura. De plus, on constate que l'extension chronostratigraphique de *Pfenderina neocomiensis* (grandes formes typiques apparaissant déjà dans le Berriasien supérieur terminal) et du genre *Valdanchella* englobe le Valanginien inférieur et supérieur. En outre, *Montsalevia salevensis* apparaît dans la partie supérieure du Valanginien inférieur (Membre du Guiers) et *Paracoskinolina* cf. *sunnilandensis* au sommet du Valanginien supérieur [faciès de plate-forme carbonatée du Maréchet ; Adatte, 1988]. Enfin, encore localisés au niveau du Valanginien supérieur, on trouve *Buccicrenata italica* et *Acruliammina neocomiana* (Marnes à Bryozoaires du Colas) ainsi que *Lenticulina nodosa* (Calcaires roux marneux sus-jacents), alors que les Marnes hauteriviennes sont caractérisées par d'autres Nodosaires de milieu marin plus ouvert [Remane *et al.*, 1989].

Ostracodes [Oertli, 1966, 1989 ; Mojon *in* Blondel, 1990, *in* Blanc, 1996 ; pour la taxonomie, voir aussi liste § 2.1].

Les Ostracodes sont aussi très diversifiés et abondants. Une première association très typique et bien connue caractérise les Marnes d'Arzier et permet de distinguer l'**assemblage M6a** du Valanginien inférieur (Zones à *Pertransiens* et à *Stephanophorus*) au sein de la Cénozone M6 de Mojon [1996] :

Ostracodes de milieu lagunaire saumâtre (Marnes d'Arzier A : Colas, Bécuel, Maréchet) :

Lycoperocypris sabaudiae.
Macrodentina (*Dictyocythere*) *mediostricta mediostricta* (SYLVESTER-BRADLEY, 1956) – MALZ, 1958.

Ostracodes marins (Marnes d'Arzier A et B) :

Valendocythere helvetica (OERTLI, 1966) – GRÜNDEL, 1969.
Valendocythere divisa (OERTLI, 1966) – GRÜNDEL, 1969.
Cythereis matura OERTLI, 1966.
Pseudoprotocythere aubersonensis.
Protocythere aff. *mazenoti* (Marnes d'Arzier A du Colas).
Parexophthalmocythere berriasensis.
Neocythere flandrini.
Eocytheropteron abundens.
Asciocythere montis.
Schuleridea praethoerenensis BARTENSTEIN & BRAND, 1951.
Cytherelloidea rehburgensis BARTENSTEIN & BRAND, 1959 (*in* Bartenstein, 1959b).
Cytherella elongata.
Bairdia major.
Paracypris sp.
Paranotacythere sp.
Monoceratina sp.
Doloccythere sp.
Xestoleberis sp.

Au niveau du Valanginien supérieur du Jura, il est possible de reconnaître encore deux autres assemblages d'Ostracodes marins :

Assemblage M7a' (Zones à *Inostranzewi* et à *Verrucosum* (*pro parte*) / biohorizon à *Verrucosum*) :

Protocythere praetriplicata BARTENSTEIN & BRAND, 1959 (*in* Bartenstein, 1959b).
Protocythere aff. sp. 507 BARTENSTEIN & BRAND, 1951.
Valendocythere reicheli (OERTLI, 1966) – GRÜNDEL, 1969.
Valendocythere pustulata (BARTENSTEIN & BRAND, 1959), (*in* Bartenstein, 1959b) - GRÜNDEL, 1969.
Pseudoprotocythere aubersonensis OERTLI, 1966.
Costacythere frankei (TRIEBEL, 1938) – GRÜNDEL, 1966.
Parexophthalmocythere rodewaldensis BARTENSTEIN & BRAND, 1959 (*in* Bartenstein, 1959b).
Schuleridea thoerenensis (TRIEBEL, 1938) – GRÜNDEL, 1966.
Cytherelloidea imminuera GRÜNDEL, 1966.
Cytherella fragilis NEALE, 1962.
Paracypris acuta (CORNUEL, 1846) – DEROO, 1956.
Bairdia sp.

Cette seconde association d'Ostracodes caractérise localement la partie supérieure des Calcaires roux (Calcaire roux limoniteux à pisolithes et Couche de Villers-le-Lac dite "horizon condensé à *Saynoceras verrucosum*") ainsi que la majeure partie des Marnes à *Astieria*, mais fait totalement défaut dans les Marnes à Bryozoaires du Colas qui sont d'âge légèrement plus récent. En outre, *Costacythere frankei* est de loin le taxon le plus abondant et le plus répandu.

Assemblage M7a'' (affinité hauterivienne, partie supérieure de la Zone à *Verrucosum* / biohorizon à *Pronecostatum* et Zone à *Pachydicranus*) :

Protocythere triplicata (ROEMER, 1841) – TRIEBEL, 1938.

Rehacythereis bernardi (GROSDIDIER, 1964) – GRÜNDEL, 1973.

Hechtythere hechti (TRIEBEL, 1938) – GRÜNDEL, 1974.

Pseudoprotocythere aubersonensis OERTLI, 1966.

Costacythere frankei.

Parexophthalmocythere rodewaldensis.

Schuleridea thoenenensis.

Schuleridea spp.

Cytherella fragilis.

Cette troisième association du Valanginien déjà mise en évidence par Oertli [1966] caractérise la partie tout à fait supérieure des Marnes à *Astieria*, ainsi que les Marnes à Bryozoaires et les Calcaires roux marneux sus-jacents du Colas.

Comme cet assemblage caractérisé par *P. triplicata*, *R. bernardi* et *H. hechti* n'est quasiment pas développé au niveau des Marnes à *Astieria*, ceci a pu laisser croire pendant longtemps que ces taxons et notamment *P. triplicata* n'apparaissent dans le Jura qu'à partir des marnes bleues de l'Hauterivien inférieur [Oertli, 1989]. Toutefois, une étude approfondie et détaillée de la série très particulière du ravin du Colas par Mojon [in Blanc, 1996] montre bien que *P. triplicata* apparaît déjà au sommet des Marnes à Bryozoaires et est présent sur plusieurs mètres dans les Calcaires roux marneux du Valanginien terminal (Zone à *Pachydicranus*).

En Provence, Donze [1976] avait aussi remarqué l'apparition de *P. triplicata* dans le Valanginien supérieur et d'après les précisions récentes de Bulot [1992, 1995] et de Blanc [1996], cette espèce débute en fait précisément dans la partie supérieure de la Zone à *Verrucosum* au niveau du biohorizon à *Peregrinus* en présentant ainsi une répartition chronostratigraphique identique dans le Jura et le S.-E. de la France.

Le véritable indicateur de l'Hauterivien inférieur basal (Zone à *Radiatus*) devient donc *Hechtythere pumila* (GROSDIDIER, 1964) – GRÜNDEL, 1974, qui apparaît exclusivement dans la partie basale des Marnes bleues d'Hauterive du Colas (**assemblage M7a'''**).

Enfin, il faut encore signaler ici la découverte d'une carapace de *Cypridea* sp. (Ostracode lacustre, coll. H.J. Oertli) dans les Marnes à Bryozoaires de l'Auberson. Il s'agit là d'une forme à carapace quadrangulaire morphologiquement très proche des *Cypridea* hauteriviens-barrémiens, qui représente au sommet du Valanginien du Jura central un remarquable indice d'émersion.

Calpionelles

Des Calpionelles, organismes marins hémipélagiques des dépôts transgressifs de plate-forme, ont été mises en évidence dans les Calcaires roux du Jura

central [Blanc, 1996] et surtout dans des bioclastes remaniés (pelotes de Serpules) du Membre du Guiers du Jura méridional (Salève), où la détermination sans équivoque de *Calpionellites darderi* (COLOM) de la Zone E des Calpionelles permet une datation précise se rapportant à la Zone à *Pertransiens* du Valanginien inférieur [Deville, 1990].

Microflores (Dasycladacées, Charophytes, Dinokystes, spores et pollens).

Le Valanginien du Jura central a livré dans sa partie inférieure [Marnes d'Arzier A et Calcaires roux immédiatement superposés ; Blanc, 1996] des Dasycladacées telles que *Zergabriella embergeri* et de rares gyrogonites remaniées de Charophytes (*Porochara* sp.), indices complémentaires d'émersions localisées. Les Marnes d'Arzier du Colas méritent d'être citées pour leurs riches assemblages de Dinokystes marins et de spores et pollens (H. Leereveld, comm. écrites 1994). Ces associations de Dinokystes indiquent le Valanginien inférieur avec respectivement la Zone à *Pertransiens* pour les Marnes d'Arzier A et la Zone à *Stephanophorus* pour les Marnes d'Arzier B, où la présence dans ces dernières de taxons liés au milieu océanique révèle une nette et forte tendance transgressive. Ces assemblages de Dinokystes sont constitués de formes boréales se rapportant à des eaux relativement froides et peu profondes. En revanche, les spores et pollens traduisent un climat chaud et sec ainsi qu'une flore continentale d'âge crétacé basal dépourvue d'éléments gondwaniens et caractéristique de l'Europe méridionale. Au niveau des Marnes d'Arzier B en particulier, les palynomorphes continentaux présents indiquent de plus un paléo-environnement de type mangroves.

4.- FACIÈS URGONIENS (BARRÉMIEN SUPÉRIEUR – APTIEN INFÉRIEUR/BÉDOULIEN) DU JURA ET DES CHAÎNES SUBALPINES SEPTENTRIONALES (BORNES, CHARTREUSE ET VERCORS) (fig. 48 à 52)

4.1. Généralités (fig. 48 à 50)

4.1.1. Introduction

Dans le Crétacé inférieur du Jura franco-suisse et des Chaînes subalpines septentrionales du Sud-Est de la France (Bornes, Bauges, Chartreuse et Vercors), les faciès urgoniens correspondent à des dépôts marins peu profonds formant une barre calcaire massive épaisse de plusieurs dizaines (Jura) à plusieurs centaines de mètres (Chaînes subalpines), qui se caractérise notamment par des faciès à Rudistes et des vires marneuses à Orbitolines primitives (fig. 48). Dans l'intervalle Barrémien–Aptien, ces importants dépôts néritiques ont formé une vaste plate-forme carbonatée. Succédant à

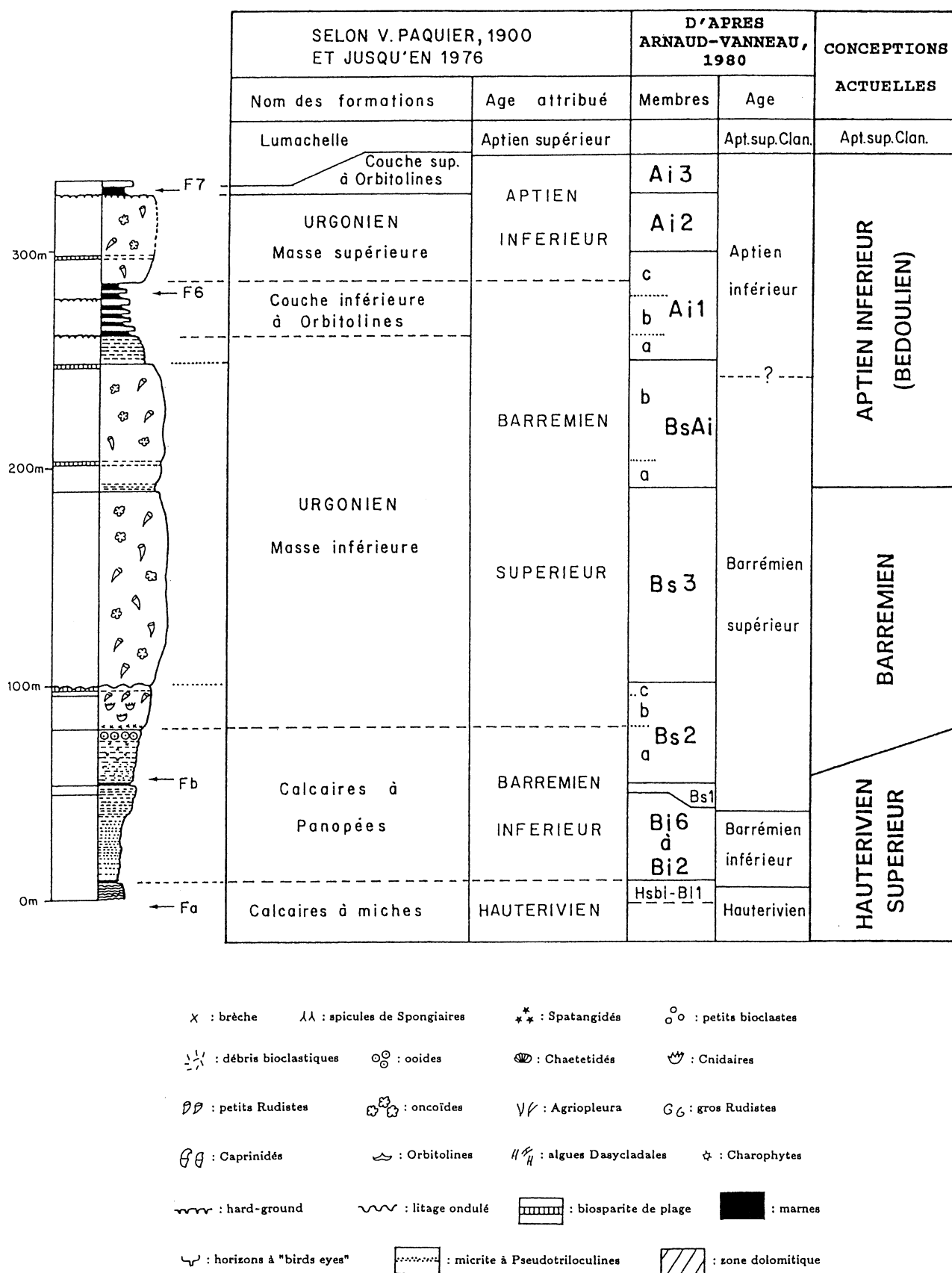


FIG. 48.— Schéma stratigraphique général de l'Urgonien des Chaînes subalpines septentrionales du Sud-Est de la France d'après la série de référence de la région grenobloise. Modifié d'après Arnaud-Vanneau [1980].

La légende est également valable pour la figure 50.

celle du Berriasien–Valanginien, cette plate-forme a également été affectée par des émergences correspondant à des dépôts laguno-lacustres à Charophytes et Ostracodes ou des influences franchement terrestres attestées par une palynoflore continentale et un paléokarst [Arnaud-Vanneau et Médus, 1977 ; Mojon *in* Blondel *et al.* 1986 ; Mojon, 1988b ; Mojon et Médus, 1990 ; Charollais *et al.*, 1994 ; Blanc-Alétru, 1995 ; Sauvagnat *et al.*, 2001].

4.1.2. Jura franco-suisse

Sur la bordure sud-est du domaine jurassien (Jura français méridional), à la montagne du Semnoz située au nord-ouest du massif des Bauges, Conrad [1969] a signalé un faciès lacustre à la limite Barrémien/Aptien (datation par encadrement au moyen des Orbitolines), le long de la route conduisant du village de Leschaux au Crêt de Châtillon. Là, entre des bancs calcaires riches en Foraminifères benthiques (dont de nombreux Orbitolinidés : *Orbitolinopsis* spp., *Paleodictyoconus* spp., du Barrémien pour les bancs inférieurs ; *Palorbitolina lenticularis* et *Orbitolinopsis kiliani* du Bédoulien pour les bancs supérieurs), 30 cm de grès silteux blancs d'origine éolienne de l'Aptien inférieur (Bédoulien) recouvrent un banc de calcaire lacustre lenticulaire et discontinu (épaisseur jusqu'à 20 cm). Localement complètement érodé et remanié par les dépôts transgressifs sus-jacents, ce faciès d'eau douce riche en quartz détritique fin est caractérisé par de très nombreux utricules d'*Atopochara trivolis triquetra* de la Cénozone continentale M8b [formes évoluées de grande taille ; = "*Clavator*" sp. *in* Conrad, 1969] et fragments de thalles d'*Hemiclavator* ? sp. La base des sables quartzeux contient des galets et des blocs (jusqu'à 20 cm de diamètre) de calcaire lacustre remanié, ainsi que des galets noirs centimétriques calcrétisés et pédogénétisés par des traces de racines (rhizolithes). Ces galets noirs résultent de l'érosion et du remaniement d'un paléosol (calcrête) recouvrant à l'origine le faciès lacustre.

Au sommet de l'Urgonien de la Perte-du-Rhône, près de Bellegarde-sur-Valserine (Ain), un équivalent latéral de ce faciès lacustre du Semnoz était également accessible avant que la coupe de la Perte-du-Rhône célèbre pour son Albien très fossilifère (grès glauconieux à fossiles phosphatés) ne soit ennoyée dès 1950 par la retenue du barrage de Génissiat. On pouvait ainsi observer à cet endroit un banc de calcaire lacustre (40 cm) à utricules d'*Atopochara trivolis triquetra* de la Cénozone continentale M8b [formes évoluées de grande taille ; = "*Clavator*" sp. *in* Conrad, 1969] directement recouvert par les calcaires gréseux à *Heteraster oblongus* (BRONGNIART) du Bédoulien. Ce calcaire lacustre a été mis en évidence par une étude en lame mince du matériel récolté par Jayet [1926] et publié par Conrad [1969].

Encore plus au nord-est, dans le Jura suisse occidental, des utricules dégagés d'*Atopochara trivolis*

triquetra caractéristiques de la Cénozone continentale M8 (M8a ou M8b) sont également présents (faciès marno-calcaire remanié à Serpules) dans les marnes de remplissage du paléokarst bédoulien de La Lance (VD), au niveau de l'ancienne carrière romaine et des affleurements bordant la voie ferrée entre Concise et Vaumarcus [Charollais *et al.*, 1994 ; Blanc-Alétru, 1995].

4.1.3. Massif des Bornes

Dans les faciès urgoniens des Chaînes subalpines septentrionales, l'horizon émergatif le plus ancien (découvert par A. Arnaud-Vanneau et J. Charollais en 1980) caractérise le flanc septentrional de l'anticlinal de la Pointe d'Andey (Plateau d'Andey), dans le massif des Bornes, où il s'étend latéralement sur une distance relativement importante d'environ 2 km en présentant une épaisseur variable.

L'âge précis du niveau d'émergence lenticulaire du Plateau d'Andey a fait l'objet d'une longue controverse et est longtemps resté incertain au sein de l'intervalle Hautervien supérieur – Barrémien supérieur [Charollais *et al.*, 1981 ; Blondel *et al.*, 1986 ; Mojon, 1988b ; Mojon et Médus, 1990 ; Arnaud et Arnaud-Vanneau, 1991], avant de pouvoir être attribué avec certitude à la Cénozone continentale M8a du Barrémien supérieur [Mojon, 1996].

Le premier affleurement de cet horizon lacustre (site 39) est situé le long de la petite route secondaire reliant Haut-Rumilly à Delaire et est représenté par 15 à 20 cm de calcaire massif brun-foncé, qui montre en lame mince quelques Foraminifères benthiques (Orbitolinidés, Miliolies), des débris de Dasycladacées, des ooïdes et surtout une flore paucispécifique de Charophytes de la Cénozone continentale M8a (chap. 6) :

Clavatoracées :

Atopochara trivolis triquetra GRAMBAST, 1968 (utricules évolués de taille moyenne).

Hemiclavator adnatus (MARTIN-CLOSAS & GRAMBAST-FESSARD, 1986) SCHUDACK, 1989 (thalles et utricules).

Porocharacées (gyrogonites) :

Porochara maestrica (MARTIN-CLOSAS & GRAMBAST-FESSARD, 1986) SCHUDACK, 1989 (petites formes).

La présence de bioclastes d'origine marine ainsi que la calcification "en éventail" ou "en Y" des gyrogonites de *P. maestrica* témoignant d'une salinité variable sont autant d'indices de la proximité du milieu marin (lagon) et d'un dépôt en zone côtière margino-littorale. Dans ce dernier gisement, le paléoenvironnement de l'horizon émergatif n'est donc pas franchement lacustre mais plutôt laguno-lacustre saumâtre.

Le second affleurement (site 40) est visible dans une très belle coupe au bord de la route principale entre le hameau de Haut-Rumilly et le bourg du Petit-Bornand-les-Glières, au niveau du synclinal de Delaire vers la

sortie des Gorges d'Eveaux. Il s'agit du même niveau de calcaire lacustre, toutefois nettement plus épais (70 cm) et foncé (couleur brune presque noire due à une forte teneur en matière organique et en pyrite), qui forme une discontinuité remarquablement apparente à travers la falaise bordant la route. Là, le calcaire lacustre ne contient plus qu'exclusivement une flore de Charophytes très abondante. Celle-ci est toutefois moins diversifiée, car uniquement représentée par des utricules d'*Atopochara trivolvris triquetra* de la Cénozone continentale M8a (formes évoluées de taille moyenne) et des thalles d'*Hemiclavator adnatus* extraordinairement nombreux et constituant localement la quasi-totalité du microfaciès, soit un véritable herbier à Charophytes. A cet emplacement où le milieu lacustre est nettement mieux développé, la profondeur du lac devait être plus importante que dans le premier affleurement situé au NNW.

4.1.4. Chartreuse occidentale et Vercors septentrional

Dans la série écaillée de la Chartreuse occidentale (fig. 49), Arnaud-Vanneau [1980] a signalé deux horizons émerifs majeurs dans la partie supérieure de l'imposante barre calcaire urgonienne des "Gorges du Frou" (Gorges du Guiers Vif), épaisse d'environ 350 m (fig. 50). Ces indices d'émergence se retrouvent d'ailleurs jusque dans les faciès urgoniens du Vercors septentrional [Arnaud-Vanneau, 1980].

La datation de la partie supérieure de l'Urgonien des Chaînes subalpines septentrionales est essentiellement basée sur des critères lithologiques et biostratigraphiques communs avec les assises marno-calcaires et grésoglaucieuses de l'Aptien inférieur (Bédoulien) du Jura, tels que les brusques et abondants apports de matériaux terrigènes (quartz détritique et argiles) ainsi que l'apparition d'Orbitolinidés indiquant clairement la limite Barrémien/Aptien.

Ces données sont confirmées par la découverte de quelques très rares Ammonites du Bédoulien dans les Couches inférieures à Orbitolines [Gignoux et Moret, 1952] de la partie sommitale de l'Urgonien des Chaînes subalpines septentrionales. En Chartreuse orientale (Cirque de Roche Blanche), *Ancyloceras* gr. *matheronianum* (D'ORBIGNY) a été récolté par Gidon [1952] au sommet du Membre Ai1 dans la "Couche inférieure à Orbitolines principale" correspondant à la "vire à *Heteraster oblongus*" [= couche Ai1c in Arnaud-Vanneau, 1980], 8 km seulement à l'ouest des coupes des Gorges du Guiers Vif et de La Ruchère (Chartreuse occidentale) caractérisées par des niveaux d'émergence. Enfin, beaucoup plus au nord-ouest, dans le massif des Bornes, Moret et Deleau [1960] ont signalé *Deshayesites* gr. *weissi* (NEUMAYR & UHLIG) dans une vire marneuse des Couches inférieures à Orbitolines de la montagne de Veyrier, près d'Annecy, très semblable à la couche Ai1c de Chartreuse d'après l'abondance de la microfaune (Foraminifères benthiques : Orbitolines,

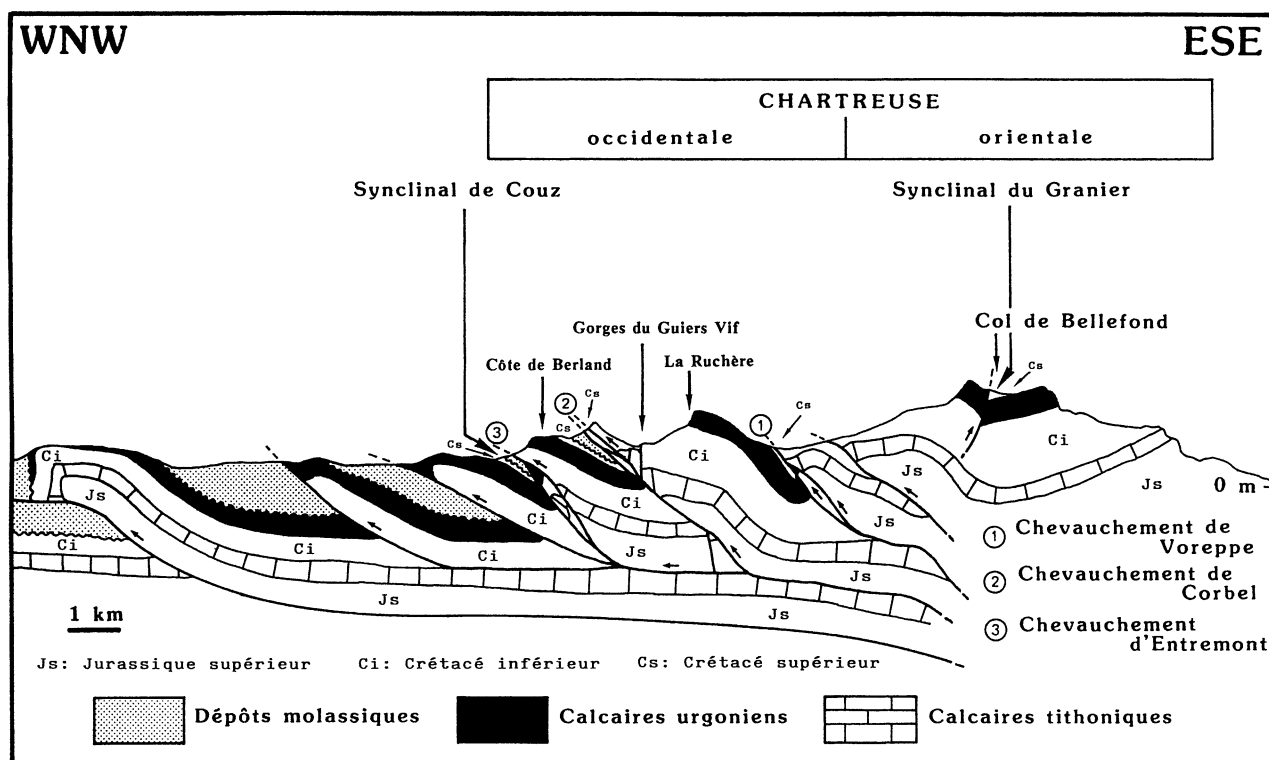


FIG. 49.– Coupe de la série écaillée de la Chartreuse, redessinée d'après Butler [1992] et la carte géologique de Montmélian au 50.000^e.

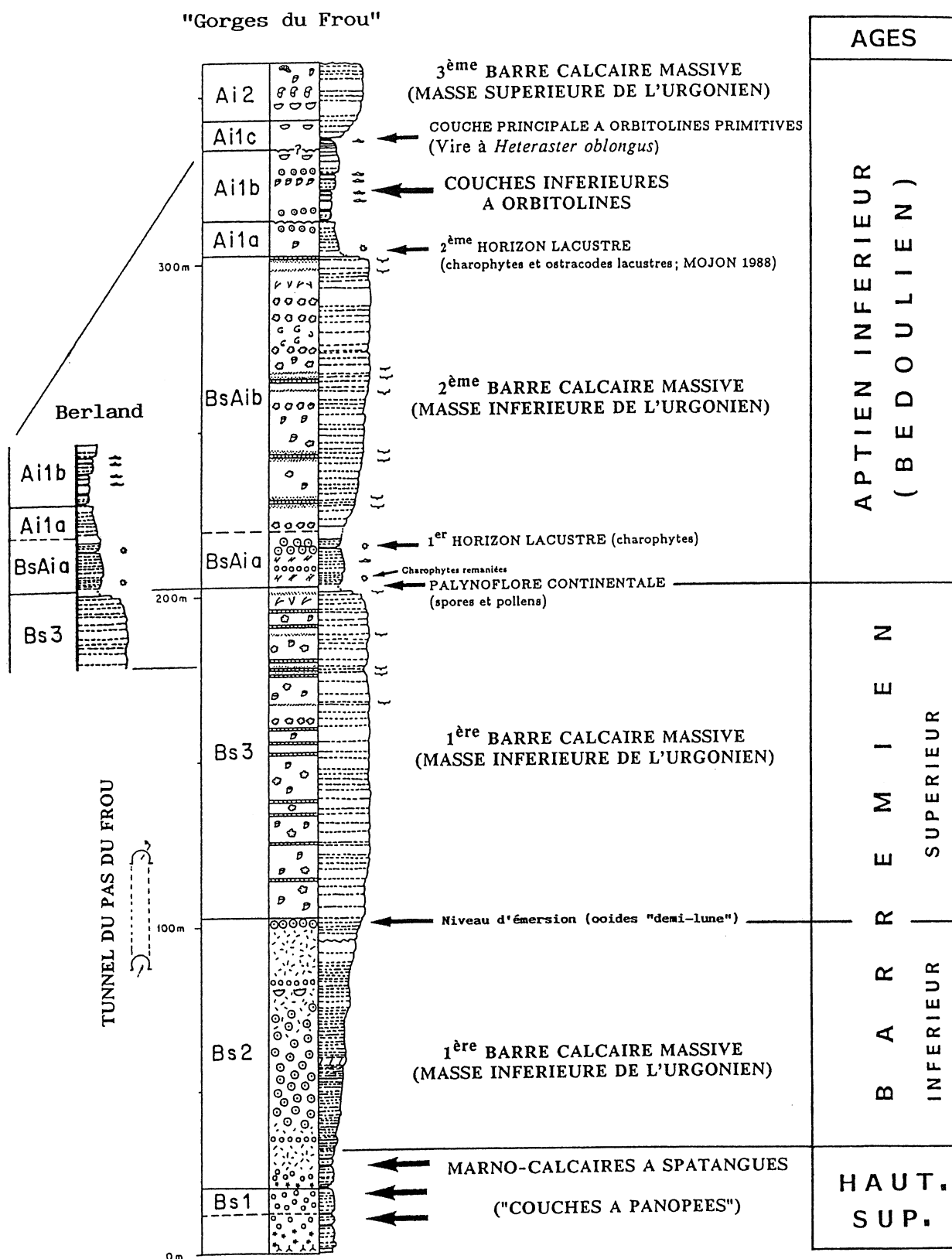


FIG. 50.— Coupe synthétique de l'Urgonien des Gorges du Guiers Vif ("Gorges du Frou") en Chartreuse occidentale (d'après Arnaud-Vanneau, 1980). Positionnement des horizons émerifs et cadre chronostratigraphique révisé d'après Mojon et Médus [1990] et Arnaud et Arnaud-Vanneau [1991].

Cunéolines, etc... ; Ostracodes marins : genres *Bairdia*, *Cytherella*, *Schuleridea*, *Asciocythere*, *Macrocypris*?, *Rehacythereis* et *Platycythereis*) et surtout de la

macrofaune de Rudistes, Échinides et Ptérocères [Schroeder et Charollais, 1966]. Ces Ammonites des Couches inférieures à Orbitolines des Chaînes subal-

pinces septentrionales du S.-E. de la France indiquent un âge bédoulien non basal, qui correspond au moins à la Zone à *weissi* [Arnaud *et al.*, 1998] dans la zonation de Hoedemaeker *et al.* [1993].

En Chartreuse occidentale, la partie supérieure des faciès urgoniens [Membre BsAi et Ai1 *in* Arnaud-Vanneau, 1980] a livré une riche faune de Foraminifères benthiques dont de nombreux Orbitolinidés [Arnaud-Vanneau, 1980] :

Palorbitolina (*Palorbitolina*) gr. *lenticularis* (BLUMENBACH, 1805), (Membre Ai1).

Palorbitolina (*Eopalorbitolina*) *charollaisi* (SCHROEDER & CONRAD, 1967b), (= "transiants" ou formes de passage vers *P. lenticularis* du Membre BsAi).

Orbitolinopsis kiliani (SILVESTRI, 1932), (Membre Ai1).
Orbitolinopsis buccifer ARNAUD-VANNEAU & THIEULOY, 1972.

Orbitolinopsis cuvillieri MOULLADE, 1960.

Dictyoconus ? vercorii ARNAUD-VANNEAU, 1980.

Paleodictyoconus actinostoma ARNAUD-VANNEAU & SCHROEDER, 1976.

Paleodictyoconus cuvillieri (FOURY, 1963).

Paracoskinolina maynci (CHEVALIER, 1961).

Cribellopsis neoelongata (CHERCHI & SCHROEDER, 1978).

Cribellopsis schroederi ARNAUD-VANNEAU, 1980.

Falsurgonina pileola ARNAUD-VANNEAU & ARGOT, 1973.

Valserina broennimanni broennimanni SCHROEDER & CONRAD, 1967a (Membre BsAi).

Dans cet inventaire, la présence de *Palorbitolina* (*P.*) gr. *lenticularis* et d'*Orbitolinopsis kiliani* permet de mettre en évidence un âge aptien basal, l'apparition de ces formes se faisant dès le Barrémien supérieur terminal pour *P. (P.)* gr. *lenticularis* et à la base du Bédoulien pour *O. kiliani* [Arnaud-Vanneau, 1980 ; Arnaud, 1981 ; Arnaud-Vanneau et Arnaud, 1990 ; Arnaud et Arnaud-Vanneau, 1991 ; Arnaud *et al.*, 1998]. Il est important de relever aussi que la répartition de *Valserina* gr. *broennimanni* s'étend du Barrémien inférieur jusque dans le Bédoulien basal, alors que celle de *Palorbitolina* (*Eop.*) *charollaisi* caractérise essentiellement le Barrémien supérieur [*in* Mojon et Médus, 1990 ; Arnaud et Arnaud-Vanneau, 1991 ; Arnaud *et al.*, 1998].

4.2. Description de la coupe de Berland (Chartreuse occidentale) (fig. 51)

Le premier niveau émerusif important des coupes de l'Urgonien de Chartreuse occidentale est bien visible au bord de la route de la côte de Berland au-dessus d'Entredeux-Guiers (site 52) et se retrouve plus loin peu après le Pas du Frou, bien que très tectonisé et dans un affleurement en grande partie masqué, le long de la route des Gorges du Guiers Vif menant au Cirque de St-Même (site 54c, échantillon GGV 1).

Une portion de coupe relativement complète est cependant accessible à proximité de ce dernier gisement juste après le Pas du Frou, au bord de la route montant au hameau de La Ruchère (site 54b, échantillons PFR 1 à 6). Cette portion de coupe est assez différente de son homologue de la coupe de Berland puisqu'elle présente sur une dizaine de mètres d'épaisseur une demi-douzaine de petites vires décimétriques à Orbitolines avec notamment *Palorbitolina* (*Eop.*) *charollaisi* (formes de passage vers *P. (P.) lenticularis*), *Paracoskinolina maynci* et *Cribellopsis neoelongata* ; alors que dans le même intervalle de la coupe de Berland, les Orbitolinidés sont absents et n'apparaissent qu'au-dessus de l'horizon émerusif principal où ils sont représentés par *Paracoskinolina maynci* et *Cribellopsis neoelongata* (dét. A. Arnaud-Vanneau, comm. pers. et écrite 1990).

Des Charophytes remaniées de la Cénozone continentale M8b (*Atopochara trivolis triquetra* et *Pseudoglobator paucibracteatus*) sont également présentes à ces niveaux dans les deux portions de coupes sus-mentionnées ici, mais contrairement à ce qu'ont affirmé Orsat et Strohmenger [1993], *Orbitolinopsis kiliani* n'apparaît stratigraphiquement qu'une vingtaine de mètres plus haut et ne devient vraiment abondant que vers le sommet de la coupe de Berland à 35 m au-dessus de l'horizon émerusif principal de la partie supérieure des couches BsAia (A. Arnaud-Vanneau, comm. écrite 1990).

Au Pas du Frou, cet horizon émerusif principal est représenté par des marnes siliciclastiques brun-foncé (10 cm) à grises avec des microfossiles corrodés et assez abîmés par de la pédogénèse (Charophytes déjà citées de la Cénozone continentale M8b et Orbitolinidés). En bien meilleur état et beaucoup plus représentatif, le même horizon émerusif est constitué dans la coupe de Berland (unité de lever 6) par un niveau marneux conglomératique de 30 cm recouvrant un paléosol à traces de racines, environ 5 m au-dessus d'une vire marneuse importante (unité de lever 2) qui a livré *Heteraster* cf. *oblongus* [*H. coulani*, *in* Charollais *et al.*, 2001] dans sa partie basale et une remarquable palynoflore continentale d'âge bédoulien basal [Mojon et Médus, 1990]. Les couches marno-calcaires de cette vire sont riches en petites Serpules déroulées et présentent aussi des Brachiopodes disséminés (Térébratules) ainsi que des débris de Crustacés et de lignite, mais paradoxalement ne contiennent pas d'Orbitolines. Les caractéristiques particulières de cette vire marneuse (formant une combe masquée par la végétation au Pas du Frou) traduisent bien un milieu de dépôt confiné proche de l'émerision, les calcaires marins bioclastiques et les vires à Orbitolines directement superposés des portions de coupes homologues du Pas du Frou et de Berland présentant toutes deux des Charophytes remaniées.

Au-dessus, les marnes de l'horizon émerusif principal ont permis de récolter par lavage-tamassage une flore de Charophytes caractéristique de la Cénozone continentale M8b (chap. 6) et remarquablement bien

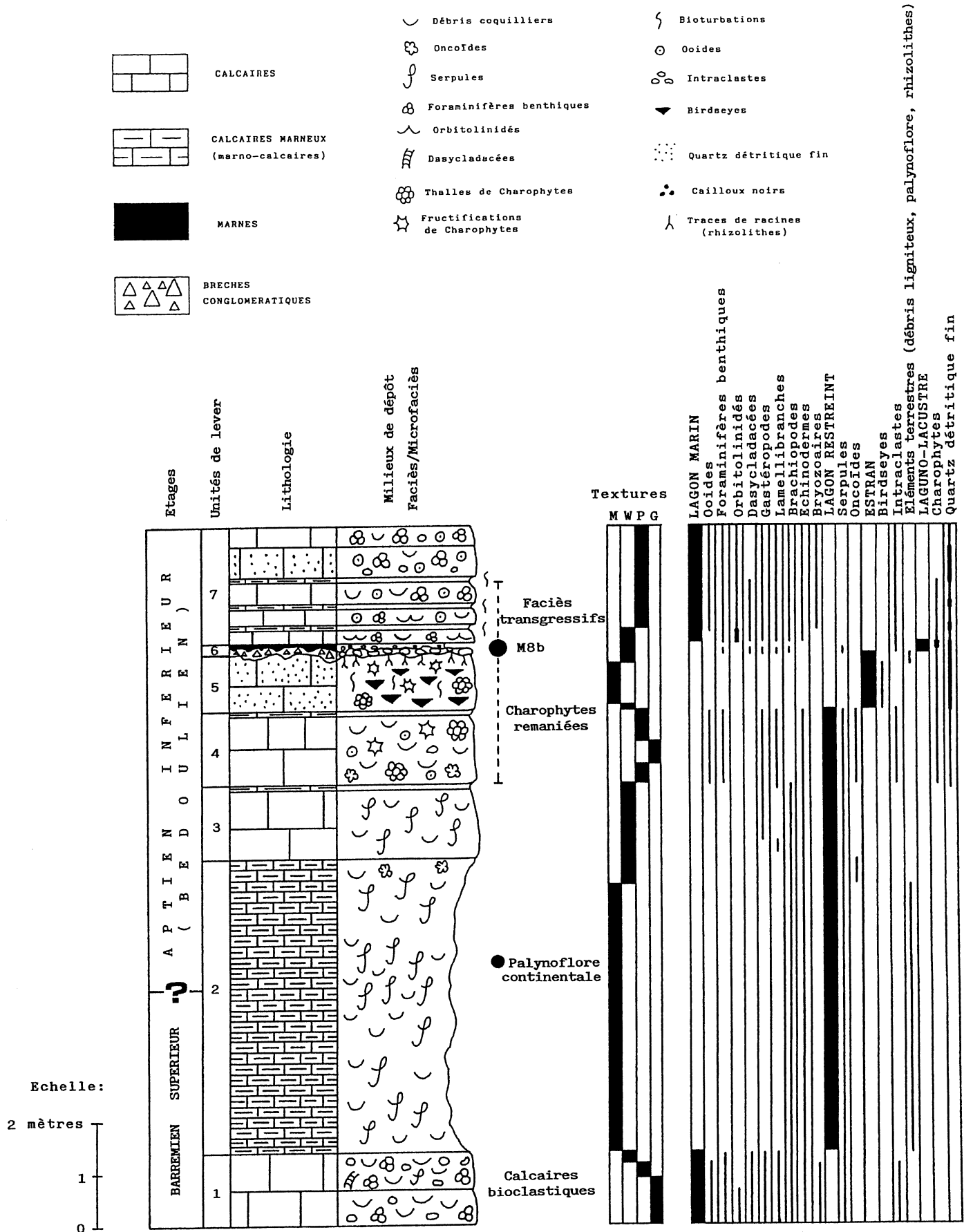


FIG. 51.- Coupe de Berland. Contexte lithostratigraphique des premiers horizons émergifs de la partie supérieure des faciès urgoniens de la Chartreuse occidentale (limite Barrémien/Bédoulien, Membre BsAi, couches BsAia).

conservée au niveau de la coupe de Berland, où l'absence totale d'organismes marins démontre le caractère franchement lacustre de ce niveau :

Clavatoracées (thalles et utricules) :

Atopochara trivolis triquetra GRAMBAST, 1968 (formes évoluées de grande taille).

Globator trochiliscoides GRAMBAST, 1966.

Pseudoglobator paucibracteatus MARTIN-CLOSAS & GRAMBAST-FESSARD, 1986.

Characées (gyrogonites) :

Mesochara gr. *harrisi* (MÄDLER, 1952) SHAÏKIN, 1967 (= *Mesochara minuta* ; in Mojon & Médus, 1990).

Concernant l'âge des portions de coupes étudiées au Pas du Frou et à Berland, il faut rappeler ici qu'*Orbitolinopsis kiliani* n'apparaît qu'à partir des Couches inférieures à Orbitolines du Membre Ail et **jamais** au niveau du Membre BsAi, réduit à environ 20 m à Berland (BsAia) mais mesurant plus de 100 m dans la coupe des Gorges du Guiers Vif ("Gorges du Frou") située juste après le Pas du Frou et distante d'environ 3 km.

De ces observations, on peut donc déduire que la plus grande partie du Membre BsAi, soit environ 80 mètres de dépôts correspondant aux couches BsAib (calcaires blancs massifs), fait défaut au niveau de la coupe de Berland. Cette importante différence d'épaisseur correspondant à une lacune ainsi que la présence de la vire marneuse bien développée à palynoflore continentale constituent des anomalies notables au sein des faciès urgoniens des massifs de la Chartreuse et du Vercors. De telles anomalies de faciès et d'épaisseur ont ainsi également été relevées par Arnaud-Vanneau [1980] dans le Vercors septentrional (coupe de Font-Renard – Pas de Montbrand) et résultent probablement d'une tectonique synsédimentaire liée à la proximité de la faille de l'Isère [Mojon et Médus, 1990 ; Arnaud *et al.*, 1998].

Le positionnement de la limite Barrémien/Aptien dans la partie basale des couches BsAia d'après les données palynologiques de Mojon et Médus [1990] ou entre les couches BsAia et BsAib d'après les corrélations séquentielles de Arnaud-Vanneau et Arnaud [1990] laisse subsister une légère marge d'incertitude pour placer de façon exacte et définitive cette limite, doute qui est d'autant plus renforcé par le fait qu'un âge barrémien supérieur terminal a été attribué à la palynoflore continentale du Membre BsAi de la coupe de Font-Renard – Pas de Montbrand [Arnaud-Vanneau et Médus, 1977]. Si l'on exclut l'imprécision de l'échelle biostratigraphique des Spores et Pollens comme source d'erreur probable, il est aussi possible d'envisager que cette faible diachronie peut résulter d'une interférence entre la tectonique synsédimentaire déjà évoquée et les variations relatives du niveau marin.

Toutefois, si l'on considère comme c'est le cas dans ce travail que les dépôts mixtes laguno-lacustres et marins des couches BsAia marquent effectivement le

début de la transgression bédoulienne, il est alors tout à fait logique de placer dans la partie basale du Membre BsAi la limite Barrémien/Aptien, soit la limite entre les Zones à *Sarasini* (Barrémien supérieur terminal) et à *Tuarkyricus* (Bédoulien basal) de la zonation des Ammonites de Hoedemaeker *et al.* [1993].

La coupe de Berland est constituée comme suit, avec de bas en haut (fig. 51) :

– **Unité de lever 1** (Membre Bs3 ; Barrémien supérieur). Calcaires bioclastiques jaunâtres, à débris de Mollusques (Lamellibranches, Gastéropodes dont de nombreuses Nérinées), de Brachiopodes, d'Échinodermes et de Dasycladacées. Quelques Foraminifères benthiques (Choffatelles, Miliolles, Nautiloculines et rares Orbitolinidés), débris de Bryozoaires et de Serpules. Nombreux pellets, intraclastes et ooïdes micritisés. Matrice ou ciment microsparitique (grainstone) devenant micritique au sommet (packstone/wackestone).

– **Unités de lever 2 à 7** (Membre BsAi, couches BsAia ; Barrémien terminal - Bédoulien basal).

– **Unité de lever 2.** Vire marno-calcaire. Calcaires très marneux gris-foncé à noirs (jaunâtres au sommet par altération). Nombreuses Serpules déroulées, quelques Brachiopodes (Térébratules) le plus souvent à l'état de débris coquilliers. Pyrite abondante (milieu de dépôt anoxique) et fréquents débris ligniteux. Présence de nombreux Échinides, dont *Heteraster* cf. *oblongus* en particulier dans la partie basale de la vire (20 premiers cm). Cette vire a en outre livré une très intéressante palynoflore continentale attribuée au Bédoulien basal [échantillon de la partie médiane ; dét. J. Médus 1990 ; Mojon et Médus, 1990] :

Ptéridophytes (spores) : *Bullasporis aequatorialis*, *Cicatricosisporites aralica*, *Cicatricosisporites australiensis*, *Cicatricosisporites patapscoensis*, *Cicatricosisporites* sp., *Concavissimisporites punctatus*, *Contignisporites cooksoniae*, *Coronatispora valdensis*, *Cyathidites australis*, *Cyathidites crassiangulatus*, *Densosporites microrugulatus*, *Dictyophyllidites adiaphoros*, *Distaltriangulisporites perplexus*, *Gleicheniidites senonicus*, *Lycopodiumsporites glebulentus*, *Matonia pectinata*, *Matonisporites equitexinus*, *Pilososporites trichopapillosus*, *Plicatella jansonii*, *Plicatella trichacantha*, *Trilobosporites weylandi*, cf. *Trilobosporites hannonicus*, *Uvaesporites glomeratus*. Gymnospermes (pollens) : *Applanopsis dampieri*, *Classopollis obidosensis*, *Parvisaccites radiatus*, *Eucommiidites* sp., *Podocarpidites* sp. Angiospermes (pollens) : *Clavatipollenites hughesi*, *Clavatipollenites rotundus*.

Des Dinokystes marins sont également présents et indiquent un milieu de dépôt très peu profond et confiné d'âge barrémien en l'absence de formes typiquement bédouliennes (dét. M. Wilpshaar, comm. écrite 1990) : *Subtilisphaera zawia*, *Subtilisphaera senegalensis*, *Oligosphaeridium complex*, *Paleoperidinium cretaecum*, *Escharisphaeridia* spp., *Spiniferites* spp.,

Cleistosphaeridium spp., *Criboveridinium* spp., *Sentusidinium* spp.

– **Unité de lever 3.** Calcaires beiges couronnés par une petite vire marno-calcaire. Nombreuses Serpules déroulées, débris coquilliers de Lamellibranches (Ostréides), de Brachiopodes (Térébratules) et de Gastéropodes (Nérinées).

– **Unité de lever 4** (échantillons Berland 4). Calcaires bioclastiques beiges plus foncés, contenant du quartz détritique fin. Débris coquilliers de Lamellibranches (Ostréides), rares Foraminifères benthiques (Milioles et Ataxophragmiidés), nombreuses Charophytes remaniées (*Atopochara trivolvris triquetra* et *Pseudoglobator paucibracteatus*), pellets, intraclastes et quelques oncoïdes. Au sommet, petite vire marno-calcaire riche en Charophytes et gros débris d'Ostréides.

– **Unité de lever 5.** Calcaires beiges à texture fine, riches en quartz détritique fin. Dans la partie inférieure, présence de nombreux *bird's eyes* et de bioturbations, ainsi que de Charophytes (*Atopochara trivolvris triquetra* et *Pseudoglobator paucibracteatus*) qui deviennent abondantes dans la partie supérieure. Surface de banc irrégulière et pédogénétisée jusqu'à une profondeur de 10 cm par de grosses traces de racines atteignant 5 mm de diamètre.

– **Unité de lever 6** (éch. Berland 6). Horizon bréchifié (= horizon émerusif principal), brèche conglomératique avec des blocs arrondis (atteignant jusqu'à 20 cm) de calcaire beige dont le microfaciès présente des Charophytes, des Milioles, des Dasycladacées, ainsi que des débris coquilliers d'Ostréides, de Brachiopodes et de Gastéropodes. Au sommet, marne ferrugineuse beige-rougeâtre et siliciclastique, formant des remplissages en "poches" et riche en Charophytes remarquablement bien conservées de la Cénozone continentale M8b : *Atopochara trivolvris triquetra*, *Globator trochiliscoides*, *Pseudoglobator paucibracteatus* et *Mesochara gr. harrisi*.

– **Unité de lever 7.** Bancs calcaires et petites vires marno-calcaires de couleur jaunâtre et riche en quartz détritique fin. Nombreux ooïdes, intraclastes, débris coquilliers (Lamellibranches, Brachiopodes, Gastéropodes, Échinodermes), Ostracodes [Sauvagnat *et al.*, 2001] et Foraminifères benthiques (Milioles, Ataxophragmiidés, Choffatelles, Nautiloculines, Orbitolinidés). Les Orbitolinidés (*Cribelloopsis neoelongata* et *Paracoskinolina maynci*) sont surtout abondants dans la partie basale avec des Charophytes remaniées. Présence de Dasycladacées. Ciment en général micritique pouvant devenir localement microsparitique (effets de la diagénèse). Au niveau des petites vires marno-calcaires, des terriers de Crustacés fouisseurs sont bien visibles.

- Au-dessus, les couches BsAib manquent et l'on passe directement aux Couches inférieures à Orbitolines du Membre Ail (couches Aila et Ailb), qui ont livré *Palorbitolina* (*Palorbitolina*) gr. *lenticularis*, *Orbitolinopsis kiliani*, *Orbitolinopsis buccifer*, *Orbitolinopsis cuvillieri*, *Paleodictyoconus actinostoma*, *Paracoski-*

nolina maynci, *Dictyoconus ? vercorii*, *Cribelloopsis neoelongata* et *Cribelloopsis schroederi* (dét. A. Arnaud-Vanneau, comm. écrite 1990).

4.3. Descriptions des coupes de La Ruchère et des Gorges du Guiers Vif (Chartreuse occidentale) (fig. 52A, B)

Dans l'Urgonien de Chartreuse occidentale, le niveau émerusif le plus important se situe environ 100 m au-dessus de celui de la coupe de Berland dans la partie supérieure de la barre calcaire urgonienne, une vingtaine de mètres environ au-dessous de la vire marneuse principale à *Heteraster oblongus* des Couches inférieures à Orbitolines d'âge bédoulien (Aptien inférieur).

Ce niveau émerusif essentiellement marno-calcaire correspond à une importante discontinuité sédimentaire marquant la limite entre les Membres BsAi et Ai1 (fig. 50). D'abord signalé par Arnaud-Vanneau [1980], puis décrit en détail par Mojon [1988b] près du hameau de La Ruchère (site 54a ; fig. 52A), cet horizon émerusif est également accessible dans la coupe des Gorges du Guiers Vif où il est mieux développé (site 53 ; fig. 52B).

À La Ruchère, ce dépôt émerusif est très réduit du fait de l'évolution du faciès lacustre marno-calcaire (marne et biomicrite/wackestone à Charophytes et *Cypridea* géants) vers un paléosol (argile latéritique décalcifiée enrichie en oxydes de fer), qui correspond au premier stade de la formation d'une bauxite [Combes, 1969]. Conformément à cette interprétation, l'argile décalcifiée contient de nombreux moules internes en goethite (hydroxydes de fer) de grands utricules de Charophytes du genre *Atopochara*, qui ont été dissous par la pédogénèse et dont l'intérieur creux (ou rempli de sédiment micritique voire de ciment sparitique d'eau douce) a été très souvent pseudomorphosé par les hydroxydes de fer. Le calcaire lacustre et son substratum sont également couramment remaniés sous forme de galets dans l'argile latéritique. Des traces de pédogénèse (rhizolithes et fissures de dessiccation) affectent certains galets de calcaire lacustre entièrement constitués de micrite à Charophytes et *Cypridea* géants. Le fait que ce microfaciès particulier n'apparaisse nulle part en place traduit son altération presque totale par la pédogénèse, dont l'action s'est étendue jusqu'au substrat de l'horizon émerusif.

Enfin, ces dépôts d'émersion sont recouverts et ravinés par des faciès marins transgressifs constitués de biopelsparites de type grainstone à Milioles, débris coquilliers et Charophytes remaniées. Le banc calcaire sur lequel repose l'horizon émerusif est constitué par un faciès de plage (oobiosparite de type grainstone à *keystone vugs*) riche en Orbitolines et autres Foraminifères benthiques.

Le faciès lacustre pédogénétisé a livré en lame-mince et par lavage-tamissage une flore de Charophytes

caractéristique de la Cénozone continentale M8b : *Atopochara trivolvis triquetra*, *Globator trochiliscoides* et *Pseudoglobator paucibracteatus*, des Ostracodes lacustres géants (*Cypridea gigantissima*) et des Gastéropodes (*Gyraulus* sp.). La présence dans l'horizon émerusif d'Ostracodes marins du genre *Bairdia* (carapaces très abîmées), de Dasycladacées (Salpingoporelles), d'Orbitolines et autres Foraminifères benthiques (tests dégagés et corrodés) peut s'expliquer par un transport (fortes marées et/ou tempêtes) à partir de plages situées à proximité ou encore par l'altération pédogénétique et le remaniement du calcaire sous-jacent à Orbitolines.

Environ 500 m après la bifurcation du Pas du Frou menant à La Ruchère, le même horizon lacustre est bien visible dans la coupe étudiée par Arnaud-Vanneau [1980] le long de la route des Gorges du Guiers Vif ("Gorges du Frou") conduisant d'Entre-deux-Guiers au Cirque de St-Même (site 53 ; fig. 52B). Cependant, il y apparaît sous un aspect très différent en présentant un développement beaucoup plus important, les faciès émerusifs lacustres mesurant plus d'un mètre d'épaisseur.

Au toit des calcaires bioclastiques massifs du Membre BsAi, on observe d'abord une surface de discontinuité ferruginisée (croûte ferrugineuse) puis 20 cm de micrite à *bird's eyes* (faciès d'estran) et 10 cm de grainstone à Orbitolines et autres Foraminifères benthiques (faciès de plage déjà signalé à La Ruchère). Ce calcaire à Orbitolines (sommet du Membre BsAi,

couches BsAib), où *Orbitolinopsis kiliani* et *Palorbitolina* (P.) gr. *lenticularis* ne sont pas encore présents [Arnaud-Vanneau, 1980], est raviné et recouvert par un horizon marneux conglomératique jaunâtre (40 cm) puis par 80 cm de marno-calcaires siliciclastiques riches en Charophytes. Comme à La Ruchère, l'horizon conglomératique marneux a livré par lavage-tamissage une riche flore de Charophytes très bien conservée et caractéristique de la Cénozone continentale M8b du Bédoulien (couche Ai1a), tout à fait comparable à celle des couches sous-jacentes BsAia de la coupe de Berland et du Pas du Frou, ainsi que de nombreux *Cypridea* géants :

Charophytes, Clavatoracées (thalles et utricules) :

Atopochara trivolvis triquetra GRAMBAST, 1968 (formes évoluées de grande taille).

Globator trochiliscoides GRAMBAST, 1966.

Pseudoglobator paucibracteatus MARTIN-CLOSAS & GRAMBAST-FESSARD, 1986.

Ostracodes lacustres géants :

Cypridea gigantissima MOJON, 1990 (localité-type ; in Mojon et Médus, 1990).

Les galets formant le conglomérat, parfois volumineux, mesurent jusqu'à 10 cm et sont constitués de micrite (wackestone à Charophytes et *Cypridea* géants). Ce microfaciès est nettement différent des calcaires et marnes sus-jacents de couleur grise,

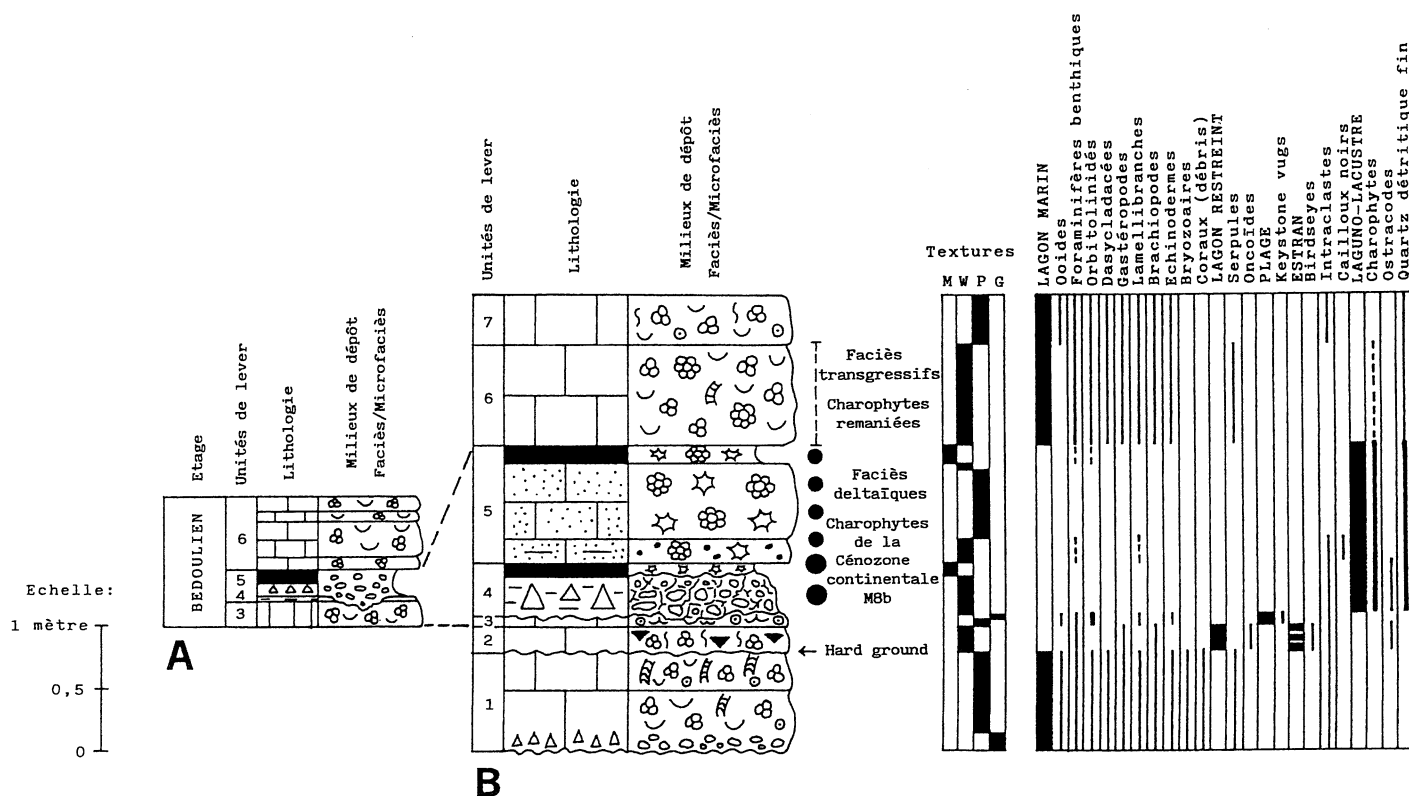


FIG. 52.- Coupes de La Ruchère (A) et des Gorges du Guiers Vif (B). Contexte lithostratigraphique du second horizon émerusif lacustre de la partie supérieure des faciès urgoniens de la Chartreuse occidentale (Bédoulien, Membre Ai1, partie basale des couches Ai1a).

également très riches en Charophytes, qui présentent dans leur partie basale des cailloux noirs millimétriques et contiennent en abondance du quartz détritique fin. Bien que très réduits ici, ces faciès lacustres siliciclastiques sont caractéristiques des dépôts deltaïques de type wealdien de l'Europe occidentale. Au-dessus, viennent encore 10 cm de marnes siliciclastiques grisonnées à Charophytes corrodées et fragmentées (pédogénèse) puis les habituels faciès marins transgressifs à Foraminifères benthiques (Miliolites, Orbitolinidés), débris coquilliers et Charophytes remaniées.

Comparativement aux observations effectuées près de La Ruchère, la grande différence d'épaisseur des dépôts lacustres, qui sur moins d'un km passent latéralement à un paléosol en se biseautant, traduit un paléorelief et une paléopente relativement importants par rapport à cette courte distance.

Les coupes de La Ruchère (échantillons LRU) et des Gorges du Guiers Vif (échantillons GGV) sont constituées comme suit, avec de bas en haut (fig. 52A, B) :

– **Unités de lever 1 à 3** (Membre BsAi, couches BsAib ; Bédoulien basal).

– **Unité de lever 1.** Calcaire bioclastique beige-clair, à Foraminifères benthiques (Miliolites, Ataxophragmiidés, rares Orbitolinidés), Dasycladacées, débris coquilliers (Lamellibranches, Gastéropodes dont quelques Nérinées, Brachiopodes, Échinodermes), Serpules, débris de petits Coraux et de Bryozoaires. Ooïdes et nombreux intraclastes, surtout à la base du banc qui est bréchifiée (limite de banc irrégulière et discontinue).

– **Unité de lever 2.** Calcaire micritique gris-clair, à nombreux *bird's eyes* et bioturbations remplies par le faciès grainstone de plage sus-jacent, nombreux Foraminifères benthiques (petites Miliolites et quelques Trocholines), débris coquilliers (Gastéropodes, Brachiopodes), quelques intraclastes, oncoïdes et petits Ostracodes.

– **Unité de lever 3.** Calcaire bioclastique beige, à Foraminifères benthiques tels que Miliolites, Trocholines, Choffatelles, Nautiloculines et Orbitolinidés [*Orbitolinopsis cuvillieri*, *Dictyoconus ? vercorii*, *Paleodictyoconus actinostoma*, *Paleodictyoconus cuvillieri*, *Paracoskinolina maynci*, *Cribellopsis neoelongata*, *Cribellopsis schroederi* ; in Arnaud-Vanneau, 1980 ; in Mojon, 1988b], ooïdes, débris de Lamellibranches (Ostréides) et d'Échinodermes. Dans la partie inférieure du banc, le ciment est micritique et devient microsparitique au sommet avec la présence de *keystone vugs* traduisant un dépôt de plage (bien développé à La Ruchère).

– **Unités de lever 4 à 7** (Membre Ai1, couches BsAia ; Bédoulien).

– **Unité de lever 4** (échantillon GGV 4). Brèche conglomératique et marnes siliciclastiques de couleur jaunâtre. La brèche conglomératique contient des galets micritiques de calcaire lacustre beige à Charophytes et Ostracodes lacustres géants, ainsi que des galets du faciès de plage sous-jacent à Orbitolinidés et autres Foraminifères benthiques. Au sommet, marne jaune

siliciclastique riche en Charophytes de la Cénozone continentale M8b (*Atopochara trivolvris triquetra*, *Globator trochiliscoides*, *Pseudoglobator paucibracteatus*) et Ostracodes lacustres géants (*Cypridea gigantissima*), déjà signalés par Mojon [1988b] et Mojon et Médus [1990].

– **Unité de lever 5.** Calcaires et marne gréseux beige-foncé, très riches en Charophytes et quartz détritique fin. À la base, banc de calcaire marneux à petits cailloux noirs millimétriques, avec quelques Foraminifères benthiques et débris de Lamellibranches. Au sommet, niveau marneux siliciclastique riche en Charophytes corrodées et fragmentées (pédogénèse), avec quelques Orbitolinidés et autres Foraminifères benthiques. Dans ce faciès deltaïque à dominance lacustre, les cailloux noirs, Foraminifères benthiques et débris de Lamellibranches indiquent la proximité du littoral et laissent supposer pour cette raison un paléoenvironnement saumâtre à salinité variable.

– **Unité de lever 6.** Calcaire beige à Foraminifères benthiques (Miliolites, rares Orbitolinidés), Dasycladacées, débris coquilliers (Lamellibranches, Brachiopodes, Gastéropodes et Échinodermes), quelques Serpules et beaucoup de Charophytes remaniées.

– **Unité de lever 7.** Calcaire gris à nombreux Foraminifères benthiques (Miliolites, Ataxophragmiidés, Nodosaires, Pseudocyclammines, Choffatelles, Nautiloculines), débris de Lamellibranches et d'Échinodermes, nombreux intraclastes, quelques ooïdes et bioturbations. Ciment micritique diagénétisé localement en microsparite dans les bioturbations.

Remarque : à La Ruchère, les **unités de lever 4 et 5** (échantillons LRU 4-5) sont très réduites et correspondent en majeure partie à une argile latéritique décalcifiée et ferrugineuse, contenant des galets remaniés des faciès lacustres et du faciès de plage de l'**unité de lever 3** (échantillons LRU 3).

5.- FACIÈS "PURBECKIENS" (BERRIASIEN SUPÉRIEUR TERMINAL – VALANGINIEN INFÉRIEUR) DE LA BASSE-PROVENCE OCCIDENTALE (RÉGION DU MT FARON, TOULON) (fig. 53)

Les faciès de type purbeckien de la Basse-Provence ("Marnes vertes infracrétacées" d'âge berriasien supérieur) ont déjà fait l'objet de plusieurs travaux [Donze, 1958 ; Babinot *et al.*, 1971 ; Virgone, 1997]. La région étudiée (Mt Faron) est très tectonisée et les faciès "purbeckiens" présentent sur de courtes distances d'importantes variations d'épaisseur et de faciès, qui indiquent des dépôts laguno-lacustres discontinus et lenticulaires se rapportant à des étangs ou des mares peu profonds et temporaires. Ces dépôts émergifs caractérisent un estran carbonaté étendu bordant la Téthys nord-occidentale à la limite Berriasien/Valanginien.

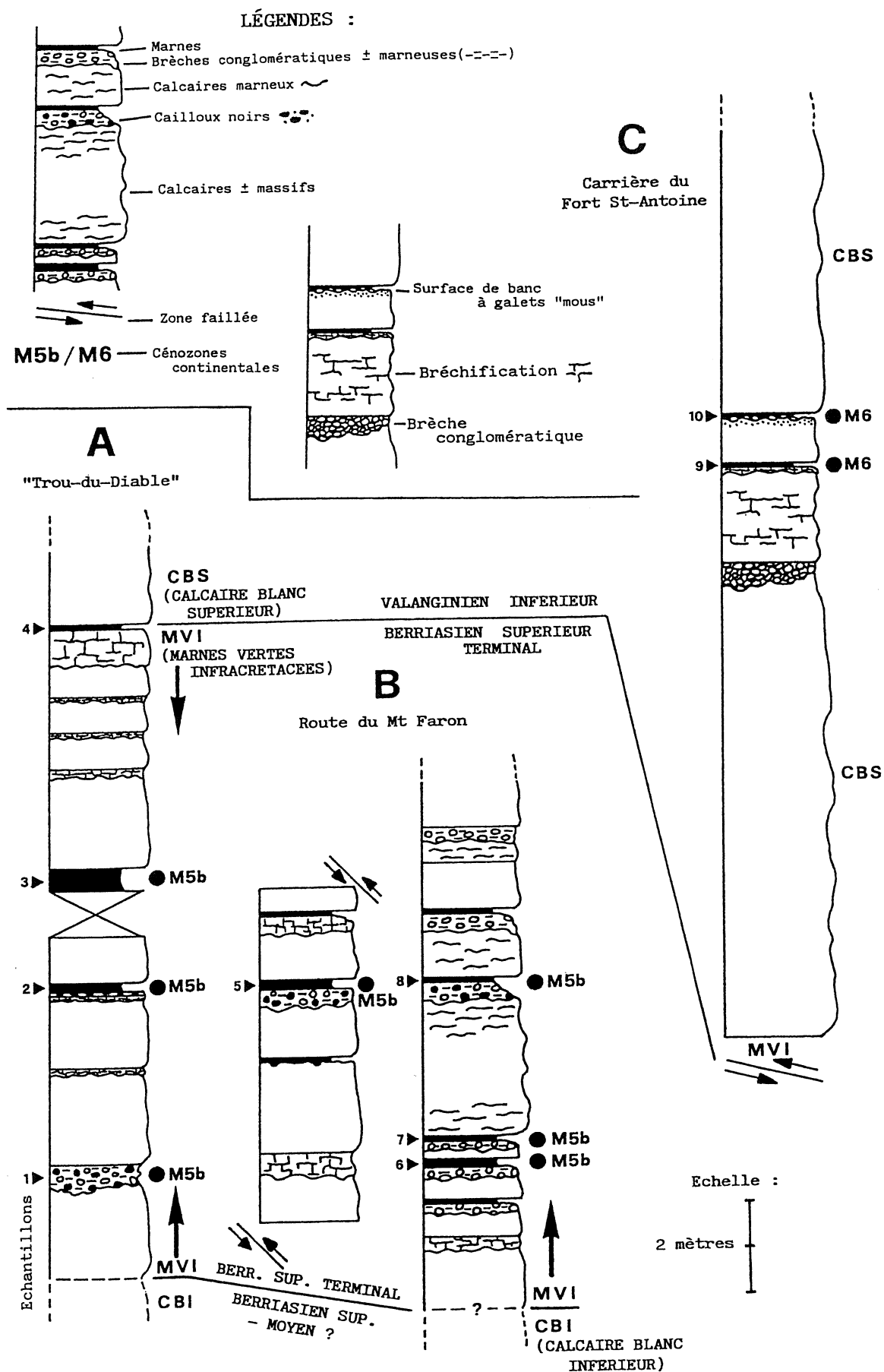


FIG. 53.— Aire B (Basse-Provence) : coupes des faciès "purbeckiens" (Berriasien supérieur terminal) de la région du Mont Faron (Toulon, Département du Var).

Dans les coupes visibles au lieu-dit “Trou-du-Diable” (fig. 53A) et un peu plus loin au bord de la route du Mt Faron (fig. 53B), le Calcaire Blanc Inférieur (C. B. I.) du Jurassique terminal (“Portlandien”/Tithonien) et du Crétacé basal (Berriasien inférieur-supérieur) est représenté par des calcaires massifs de couleur claire (blanchâtre) en gros bancs (environnement marin peu profond). Ceux-ci sont surmontés par des faciès émergifs de type purbeckien d’âge berriasien supérieur terminal (Zones à *Alpillensis* et à *Otopeta* ; Cénozone continentale M5b), correspondant à des alternances de calcaires grisâtres plus ou moins foncés, de brèches conglomératiques de même couleur et plus ou moins marneuses contenant parfois des cailloux noirs, de calcaires marneux feuilletés jaunâtres ainsi que de marnes verdâtres dites “Marnes vertes infracrétacées”.

L’inventaire micropaléontologique de ces faciès de type purbeckien se rapporte aux échantillons suivants :

Échantillons 1-2 du “Trou-du-Diable” et **échantillon 8** de la route du Mt Faron présentant un assemblage de microfossiles plutôt laguno-lacustres. Charophytes : *Hemiglobator steinhauseri*, *Perimneste micrandra*, *Perimneste ancora*, *Flabellochara grovesi*, *Flabellochara* cf. *harrisi* (formes mal conservées), *Porochara jaccardi*. Ostracodes : *Cypridea tumescens meridionalis*, *Cypridea* gr. *valdensis*, *Cypridea* sp., *Theriosynoecum* sp., *Xestoleberis* ? sp. Gastéropodes : *Gyraulus* sp.

De manière plus accentuée encore, l’**échantillon 5** de la route du Mt Faron présente une nette dominance lacustre (eau douce). Charophytes : *Hemiglobator*

steinhauseri, *Perimneste micrandra*, *Perimneste ancora*, *Flabellochara harrisi*, *Porochara maxima*, *Porochara jaccardi*, *Porochara fusca*, *Feistiella bijuescensis*. Ostracodes : *Cypridea tumescens meridionalis*, *Cypridea tuberculata adjuncta*, *Theriosynoecum sardum*, *Mantelliana wealdensis*, *Macrodentina* (*Dictyocythere*) gr. *mediostricta* (rares).

L’**échantillon 3** du “Trou-du-Diable” et les **échantillons 6-7** de la route du Mt Faron ont livré un assemblage de microfossiles caractéristique des marnes verdâtres à dominance saumâtre, avec quelques apports marins. Charophytes : *Hemiglobator steinhauseri*, thalles de Clavatoracées indét., *Porochara jaccardi*. Ostracodes : *Macrodentina* (*Dictyocythere*) gr. *mediostricta*, *Lycoperocypris sabaudiae*, *Asciocythere circumdata*, *Asciocythere montis*, *Cytherelloidea inflata*, *Eocytheropteron abundens*, *Paracypris arcuatilis*, *Schuleridea* sp. Foraminifères benthiques : Lituolidés (*Choffatella pyrenaica*, *Feurtillia* sp.). Dasycladacées : Clypéines. Vertébrés : dents broyeuruses de poissons Pycnodontes (Téléostéens, Actinoptérygiens).

Par contre, l’**échantillon 4** du “Trou-du-Diable” caractérise un milieu de dépôt plutôt marin avec d’importants apports saumâtres. Dasycladacées : *Zergabriella embergeri*. Charophytes : *Porochara maestratica*. Ostracodes : *Fabanella boloniensis*, *Schuleridea* sp.

Au-dessus de ce dernier niveau marneux, la base du Calcaire Blanc Supérieur (C. B. S.) du Valanginien (environnement margino-littoral marin) est représentée au “Trou-du-Diable” par environ 8 m de calcaires

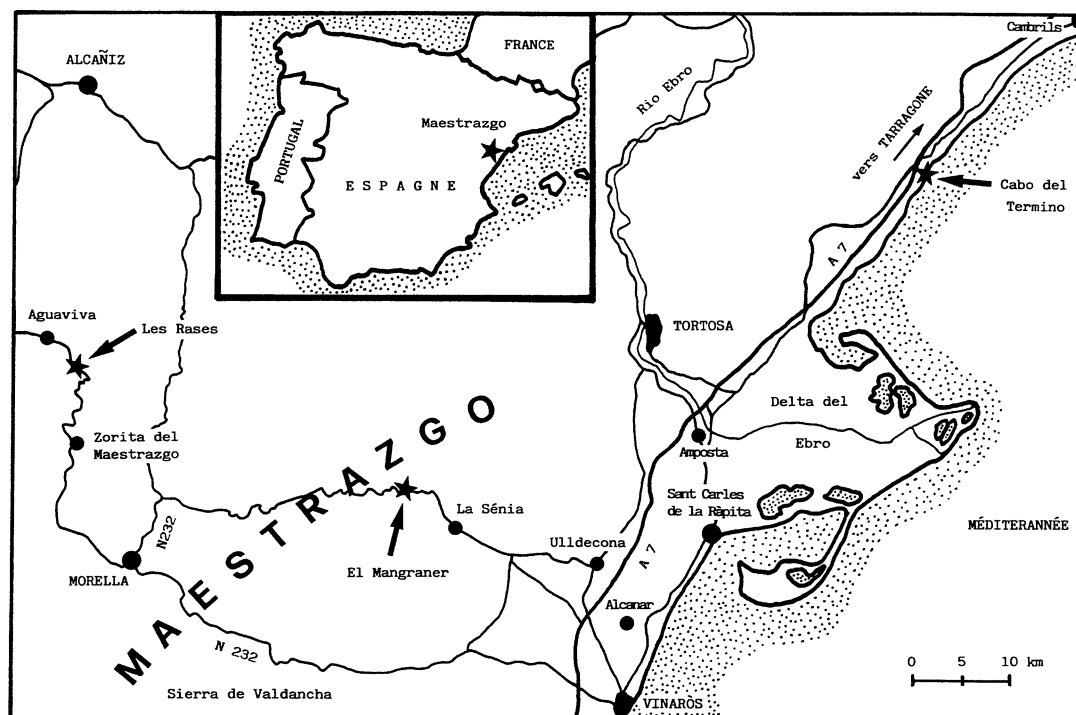


FIG. 54.— Aire C : plan de situation des coupes de référence des faciès émergifs de l’intervalle “Portlandien”/Tithonien – Berriasien – Aptien inférieur (Bédoulien) au Nord-Est de l’Espagne. D’après Mojon [1996].

massifs grisâtres à jaunâtres en petits bancs d'une dizaine de cm chacun et séparés par de minces discontinuités sédimentaires (surfaces ondulées contenant parfois un peu de marnes vertes indiquant l'émersion). Cet ensemble comprend un arrangement d'environ 20 séquences à bathymétrie décroissante (*shallowing-upward*) de 5 bancs chacune et dont les 4 dernières sont particulièrement bien marquées. Le dernier banc de chaque séquence est marneux et toujours plus épais que les autres interbancs. Plus haut, on passe à des calcaires massifs clairs et homogènes caractéristiques des Calcaires Blancs Supérieurs.

Enfin, les **échantillons 9-10** de la carrière du Fort St-Antoine (fig. 53C) se rapportent à un milieu de dépôt plutôt lacustre, qui caractérise la Cénozone continentale M6 du Valanginien inférieur. Charophytes : *Hemiglobator incrassatus*, *Perimneste micrandra*, *Perimneste ancora*, *Flabellochara harrisi*, *Porochara maxima*, *Porochara maestratia*, *Porochara fusca*, *Feistiella bijuescensis*. Ostracodes : *Cypridea tumescens meridionalis*, *Cypridea tuberculata adjuncta*, *Theriosynoecum sardum*, *Fabanella boloniensis*. Ces niveaux marneux de la carrière du Fort St-Antoine font partie de faciès de type purbeckien très réduits de couleur grise à beige (brèche conglomératique chenalisée, calcaires plus ou moins bréchifiés contenant localement de petits cailloux noirs juste au-dessous d'une surface à intraclastes ou galets "mous", marnes verdâtres) intercalés au sein des Calcaire Blancs Supérieurs du Valanginien de couleur blanchâtre très claire, riches en Foraminifères benthiques [Pfender, 1938] tels que *Pseudocyclamina lituus*, *Pfenderina neocomiensis*, *Montsalevia salevensis*, *Valdanchella* aff. *miliani* et autres Orbitolinidés (*Cribellopsis* sp.).

Ces horizons émergifs marneux très particuliers et remarquables sont, d'après l'analyse séquentielle (événements "globaux"), corrélables avec les niveaux d'émersion des Marnes d'Arzier A et B du Jura suisse occidental [Blanc, 1996] d'âge valanginien inférieur (Zones à *Pertransiens* et à *Stephanophorus*). Considérés initialement par Virgone [1997] comme des équivalents latéraux de l'échantillon 4 du "Trou-du-Diable" d'âge valanginien basal, ces niveaux marneux à Charophytes de la carrière du Fort St-Antoine se placent donc toutefois nettement plus haut stratigraphiquement dans le Valanginien inférieur.

6.- FACIÈS ÉMERSIFS DE L'INTERVALLE BERRIASIEN SUPÉRIEUR – APTIEN INFÉRIEUR (BÉDOULIEN) DU MAESTRAZGO (NORD-EST DE L'ESPAGNE) (fig. 54 à 59)

6.1. Situation géographique et généralités (fig. 54)

Dans le Nord-Est de l'Espagne, les coupes d'El Mangraner et de Les Rases étudiées dans ce travail sont localisées dans le "bassin" du Maestrazgo (en catalan : Maestrat), une région du Bas-Aragon formant

l'extrémité est de la Chaîne ibérique orientale ; celle du Cabo del Termino (Cap de Terme) étant située dans la "cuvette" du Perelló, qui fait partie des Catalanides.

Les termes de "bassin" ou de "cuvette" se réfèrent à des zones paléogéographiques ayant formé des dépressions remplies et comblées de sédiments margino-littoraux du Crétacé inférieur, ceux-ci pouvant être affectés par des discontinuités érosives très importantes mettant en contact direct le Berriasien et le Barrémien (partie septentrionale du Maestrazgo). De telles discontinuités stratigraphiques résultent d'une tectonique synsédimentaire particulièrement active dans le Maestrazgo au Berriasien-Valanginien et au Barrémien [Barranc del Racó de Patorrat ; Salas et Martin-Closas, 1991, p. 58].

Plus précisément, la coupe d'El Mangraner longe la piste carrossable de la partie ouest du lac de retenue du barrage de Castellón sur le Rio Cenia (Province de Castellón), celle de Les Rases est accessible le long d'une portion de l'ancienne route (au km 36) reliant Zorita del Maestrazgo à Aguaviva par la vallée du Rio Bergantès (Province de Teruel) et celle du Cabo del Termino est située dans la partie haute du Barranco del Cabo del Termino près du km 235 de l'ancienne route reliant Tarragone à València (en direction du village d'El Perelló) et d'une piste carrossable menant au Cabo del Termino (Province de Tarragone).

Les coupes étudiées, particulièrement celles d'El Mangraner et du Cabo del Termino, sont connues depuis longtemps par les travaux de Combes *et al.* [1966], Combes [1969] et Grambast [1966a, 1966b, 1967, 1968, 1969, 1970]. Toutefois, les premiers relevés de ces coupes sous forme de colonne stratigraphique synthétique n'ont été établis que beaucoup plus tard [Martin-Closas, 1989 ; Martin-Closas et Salas, 1994]. Dans ce travail, seules les coupes d'El Mangraner et de Les Rases dont l'extension est à peu près continue et qui ont fourni de nouvelles données biostratigraphiques nécessitent de nouveaux relevés détaillés prenant davantage en compte la lithologie. En revanche, la portion de coupe du Cabo del Termino n'a été considérée qu'en fonction de l'association de Charophytes des argiles latéritiques "de type 3" [Combes, 1969] caractérisant le Barrémien supérieur.

6.2. Description de la coupe d'El Mangraner (fig. 55, 56A à E et 57A, B)

La coupe d'El Mangraner étudiée ici correspond à environ 180 m de dépôts sédimentaires carbonatés d'âge jurassique terminal à aptien inférieur (fig. 55). La coupe débute au bord de la route régionale (fig. 56A) par des bancs calcaires massifs de couleur claire, dolomités et très poreux, qui présentent des traces de dissolution et un niveau à cailloux noirs. Il s'agit là de faciès de lagons marins très confinés et peu profonds de la Formation Bovalar couvrant un intervalle de temps non déterminable précisément entre le Jurassique terminal



FIG. 55.— Coupe d'El Mangraner (Province de Castellón, Espagne). Vue générale de la partie ouest du lac de retenue du barrage de Castellón, où est située la piste carrossable longeant la coupe d'El Mangraner. D'après Mojon [1996].

(“Portlandien”/Tithonien) et le Berriasien inférieur-moyen [Combes, 1969 ; Martin-Closas et Salas, 1989].

Au-dessus de ces calcaires massifs, une discontinuité sédimentaire représentée par une surface rubéfiée marque la limite avec la Formation La Pleta caractérisée par des tapis algaires, ainsi que par de minces niveaux de marnes vertes et de brèches conglomératiques. Ces dépôts d'estran n'ont pas pu être datés très précisément et sont attribués par corrélation et encadrement au Berriasien supérieur [Martin-Closas et Salas, 1989].

Plus haut, la Formation El Mangraner est également représentée par un développement encore plus accentué de faciès d'estran (fig. 56A, B) d'âge berriasien terminal [Cénozone continentale M5b ; Zone à *Boissieri*, sous-zones à *Alpillensis pro parte* et à *Otopeta* ; par rapport aux coupes du Jura français méridional et de Chartreuse occidentale étudiées par Blanc, 1996], où l'influence marine est importante et annonce la transgression valanginienne. La Formation El Mangraner a livré un intéressant inventaire micropaléontologique [échantillons MAN 1 à 7 ; références pour la nomenclature taxonomique dans Oertli *et al.*, 1985 et ce travail] :

– **MAN 1.** Charophytes : *Hemiglobator steinhauseri*, *Nodosoclavator* sp., *Porochara maxima*, *Porochara jaccardi*. Ostracodes : *Fabanella boloniensis*, *Macrodentina* (*Dictyocythere*) gr. *mediostriata*, *Cypridea* sp. Gastéropodes : *Hydrobia* sp., autres spp. indéterminés. Foraminifères benthiques : petits Lituolidés (*Feurtillia*? sp.). Dasycladacées : *Zergabriella embergeri*, Clypéines.

– **MAN 2-3.** Ostracodes de milieu lagunaire saumâtre : *Lycocypris sabaudiae*. Ostracodes marins : *Valen-*

docythere sp., *Cythereis* sp., *Bairdia* sp., *Cytherella* sp., *Asciocythere* sp., *Schuleridea* sp., *Eocytheropteron* sp. Foraminifères benthiques : Trocholines, Ataxophragmiidés, Nautiloculines (*Nautiloculina cretacea*), Pseudocyclammines (*Pseudocyclammina lituus*). Dasycladacées : *Zergabriella embergeri*, Clypéines. Gastéropodes indéterminés. Vertébrés : dents broyeuses de Pycnodontes (Téléostéens, Actinoptérygiens).

– **MAN 4A-B-C.** Charophytes (éch. 4B-C) : *Porochara jaccardi*, thalles de Clavatoracées indéterminés. Ostracodes : *Cypridea* gr. *propunctata* (dominants dans éch. 4C), *Macrodentina* (*Dictyocythere*) gr. *mediostriata* (dominants dans éch. 4A), *Fabanella boloniensis*, *Lycocypris sabaudiae*, *Scabriculocypris trapezoides*. Ostracodes marins : *Valencythere divisa* (éch. 4B), *Asciocythere* sp., *Schuleridea* sp., *Cytherella* sp., *Eocytheropteron abundens*, *Pontocyprilla* sp. Foraminifères benthiques : petits Lituolidés (*Feurtillia*? sp.), Ataxophragmiidés, Nautiloculines (*Nautiloculina cretacea*), Choffatelles. Dasycladacées : *Zergabriella embergeri* (abondantes dans éch. 4A), Clypéines. Gastéropodes indéterminés.

– **MAN 5-6.** Charophytes : *Perimneste micrandra*, *Porochara maxima*. Ostracodes : *Cypridea* sp., *Timiria-sevia* sp. Gastéropodes : opercules de *Cyclophoroidea*, autres spp. indéterminés. Dasycladacées : *Zergabriella embergeri* (recristallisées).

– **MAN 7.** Charophytes : *Hemiglobator steinhauseri*, *Perimneste micrandra*, *Perimneste ancora*, *Favargrella stellata*, *Flabellochara* sp., *Porochara jaccardi*.

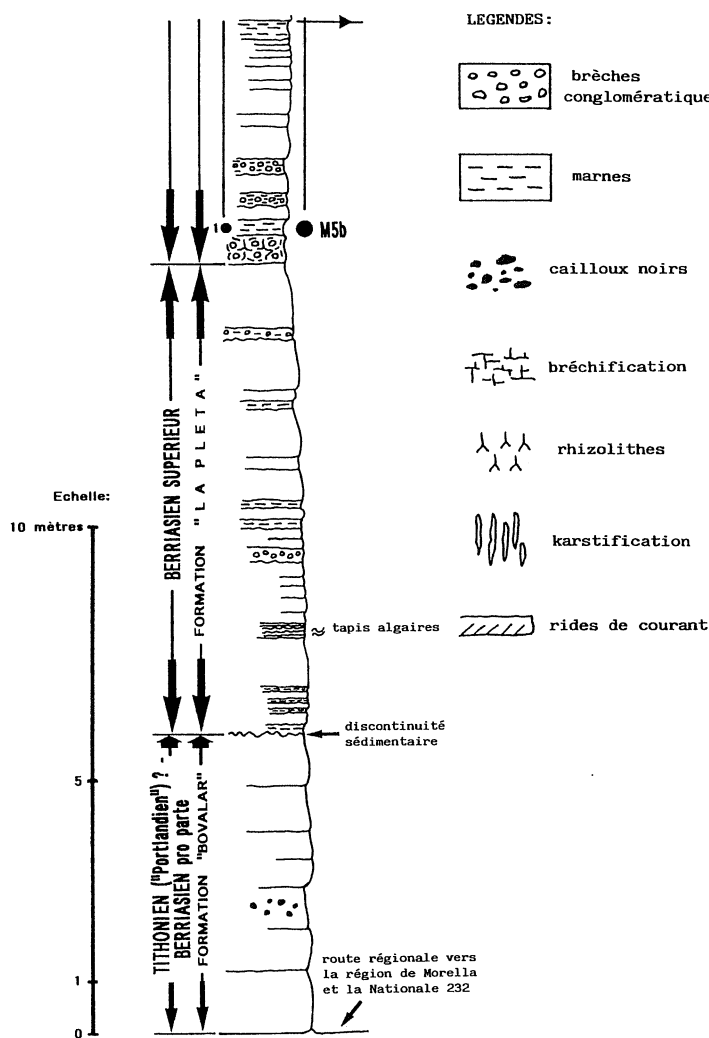


FIG. 56A.— Levés de la coupe d'El Mangraner (intervalle "Portlandien"/Tithonien – Bédoulien). Modifié d'après Mojon [1996].

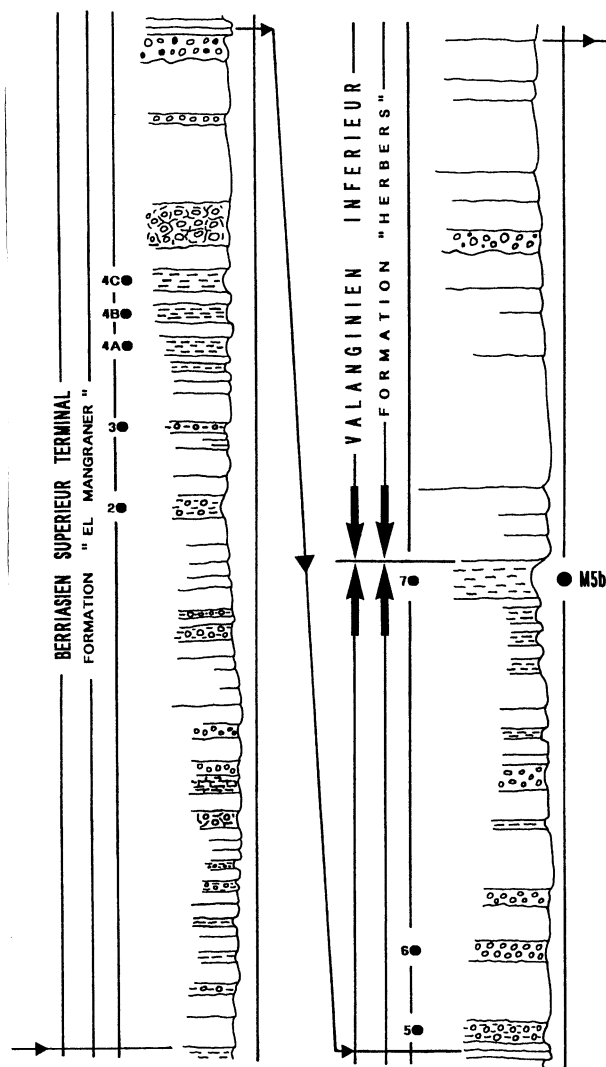


FIG. 56B.— Levés de la coupe d'El Mangraner (intervalle "Portlandien"/Tithonien – Bédoulien). Modifié d'après Mojon [1996].

Ostracodes : *Cypridea* sp., *Macrodentina* (*Dictyocythere*) gr. *mediotricata*, *Theriosynoecum* sp., *Asciocythere* sp. Foraminifères benthiques : Ataxophragmiidés. Dasycladacées : Clypéines.

Au-dessus, les dépôts de la Formation El Mangraner font place aux calcaires massifs de couleur claire de la Formation Herbers (ou Formation des Calcaires de Herbers), qui correspondent à des faciès de lagons marins confinés à fortes influences laguno-lacustres, avec de nombreux indices de pédogénèse et de karstification. Dans la partie supérieure de la Formation Herbers, d'importants niveaux chenalisés de brèches conglomératiques à cailloux noirs et de marnes lacustres beiges (échantillons MAN 9 à 14 ; fig. 56C, D et 57A, B) caractérisent la Cénozone continentale M6 attribuée au Valanginien inférieur et résultent d'une phase émergitive remarquable corrélable avec celle des Marnes d'Arzier du Jura suisse occidental Mojon, 1996] et de la partie inférieure des Calcaires Blancs Supérieurs de Basse-Provence [Virgone, 1997].

L'inventaire micropaléontologique de la Formation Herbers est le suivant :

– **MAN 8' et 8''** (échantillons pauvres en microfossiles de la partie inférieure des Calcaires de Herbers). Charophytes : *Flabellochara harrisi*, *Favargerella stellata*, *Porochara maestratica*. Ostracodes : *Cypridea* sp., *Fabanella boloniensis*. Gastéropodes : opercules de *Cyclophoroidea* (abondants dans éch. 8'). Foraminifères benthiques : Trocholines.

– **MAN 9-10**. Charophytes : *Hemiglobator incrassatus*, *Perimneste micrandra*, *Perimneste ancora*, *Flabellochara harrisi*, *Favargerella stellata*, *Porochara maestratica*. Ostracodes : *Cypridea* sp., *Fabanella boloniensis*, *Theriosynoecum* sp., *Timiriasevia* sp. Gastéropodes : opercules de *Cyclophoroidea*. Foraminifères benthiques : Orbitolinidés (éch. 10 avec *Valdanchella* sp.). Cyanophytes : *Cayeuxia* sp.

– **MAN 11-12-13-14**. Charophytes : *Hemiglobator incrassatus*, *Perimneste micrandra* (avec morphotypes "régressifs" proches de *Perimneste horrida*),

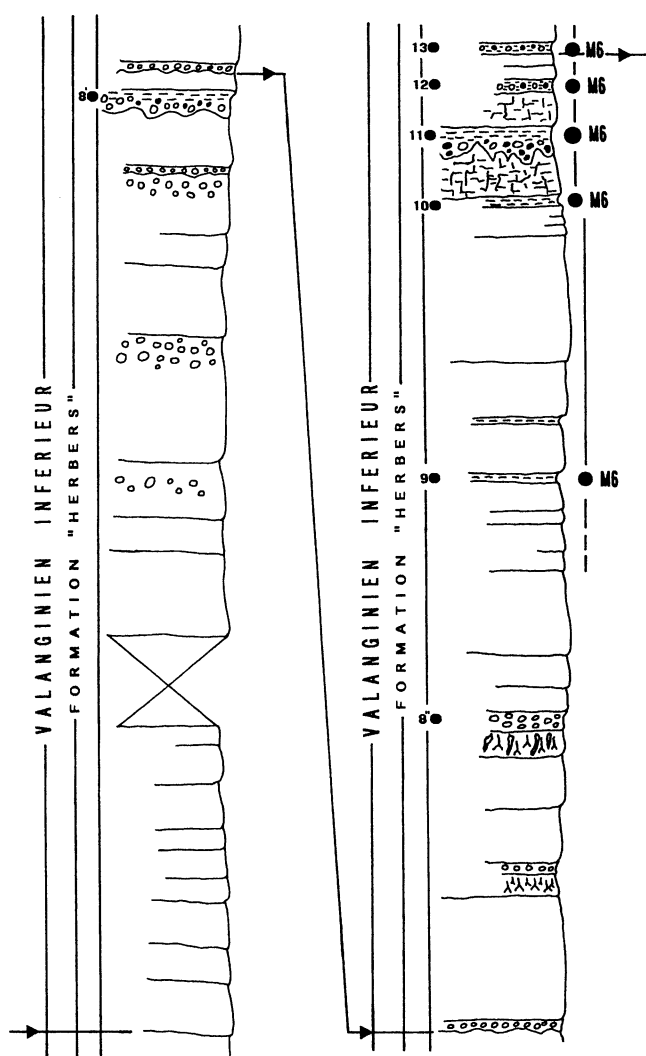


FIG. 56C.- Levés de la coupe d'El Mangraner (intervalle "Portlandien"/Tithonien - Bédoulien). Modifié d'après Mojon [1996].

Perimneste ancora, *Flabellochara harrisi*, *Favargerella stellata*, *Porochara maxima*, *Porochara maestratica*, *Mesochara* gr. *harrisi*, thalles de Clavatoracées indét. Ostracodes : *Cypridea* spp. (*Cypridea* gr. *tuberculata*, *Cypridea* gr. *valdensis*, autres spp. indét.), *Theriosynoecum* sp., *Fabanella boloniensis*, *Mantelliana wealdensis*, *Scabriculocypris* sp., *Eocytheropteron* sp. Gastéropodes : opercules de *Cyclophoroidea*, *Provalvata* sp., autres spp. indét. Dasycladacées : Clypéines (éch. 13-14). Cyanophytes : *Cayeuxia* sp.

Au sommet de la Formation Herbers, des récurrences marines annonçant la transgression hauterivienne sont indiquées par la présence d'oïdes et de Dasycladacées (éch. 13-14). Puis les organismes marins deviennent très abondants dans les échantillons MAN 15 à 18 de la partie inférieure massive de la Formation El Cantaperdius (fig. 56D ; ou Formation des Calcaires et Argiles latéritiques d'El Cantaperdius) constituée principalement de dépôts d'estran et de lagons restreints, et traduisent ainsi clairement un âge

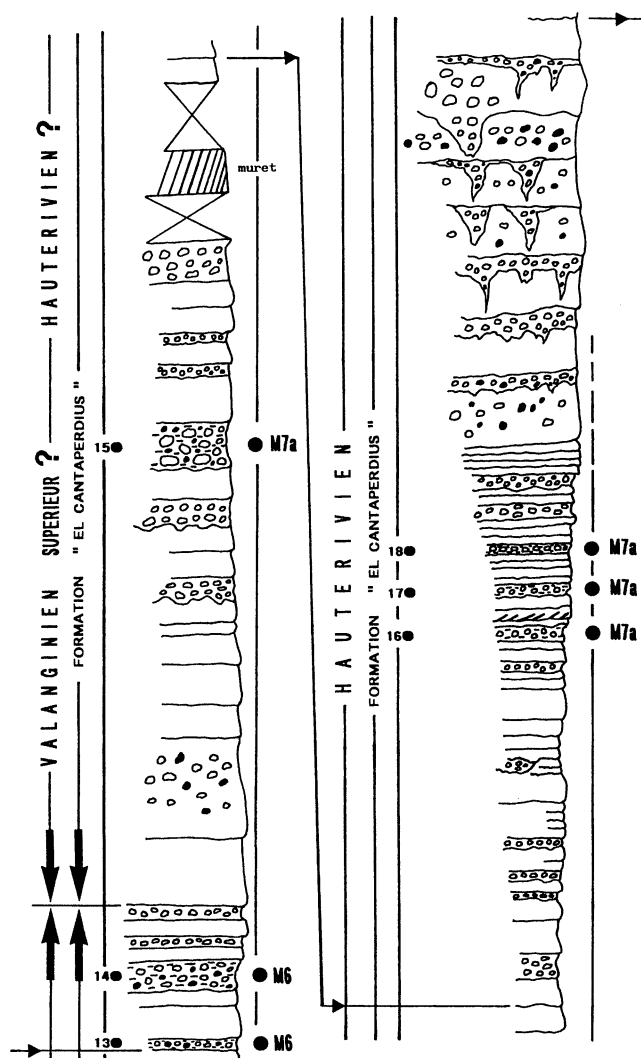


FIG. 56D.- Levés de la coupe d'El Mangraner (intervalle "Portlandien"/Tithonien - Bédoulien). Modifié d'après Mojon [1996].

valanginien supérieur - hauterivien. De même, la présence de microrides de courant (MAN 16-17) ainsi que les alternances de petits bancs calcaires avec des brèches conglomératiques et des marnes d'épaisseur réduite sont particulièrement frappantes et caractérisent bien l'approfondissement des milieux de dépôt ainsi que la forte influence marine inhérents à l'Hauterivien.

Dans la partie supérieure de la Formation El Cantaperdius, des indices de karstification et de rubéfaction (ferruginisation indiquée par des teintes jaunes à ocre ; éch. 18) apparaissent conjointement au développement de très importants niveaux de brèches conglomératiques à cailloux noirs (fig. 56D). L'inventaire micropaléontologique de cette partie de la Formation El Cantaperdius caractérise la Cénozone continentale M7a et se répartit ainsi :

– **MAN 15.** Charophytes : *Globator mutabilis* (formes primitives), *Perimneste micrandra*, *Perimneste ancora*, *Flabellochara harrisi*, *Favargerella stellata*, *Porochara maestratica*. Ostracodes : *Cypridea* spp., *Macrodentina*

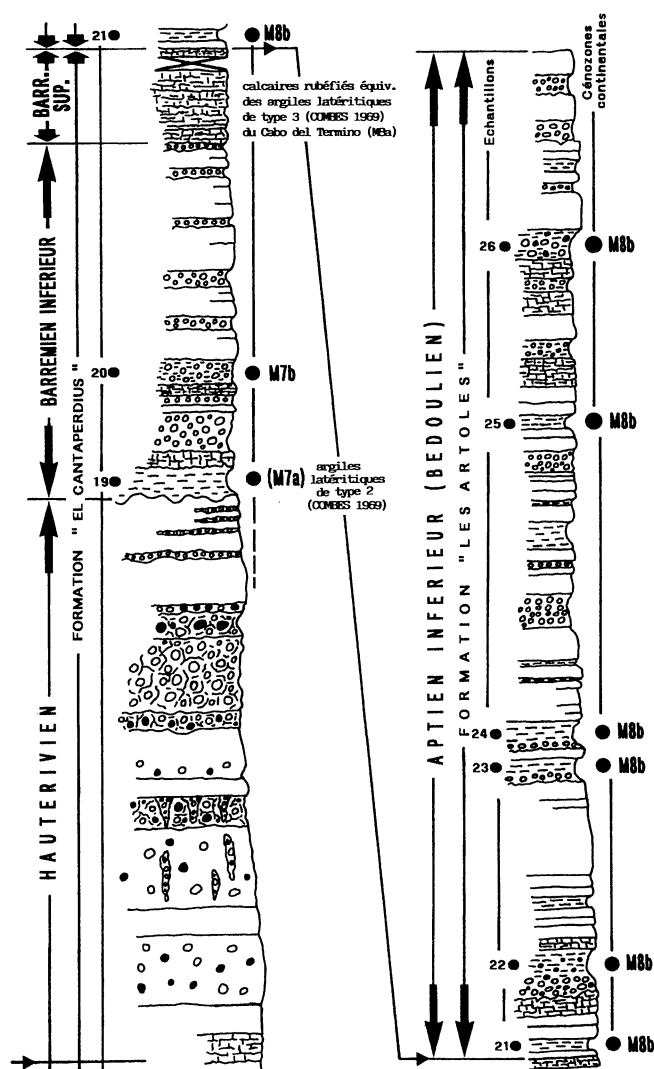


FIG. 56E.— Levés de la coupe d'El Mangraner (intervalle "Portlandien"/Tithonien – Bédoulien). Modifié d'après Mojon [1996].

(*Dictyocythere*) sp., *Fabanella boloniensis*, *Asciocythere* sp. Gastéropodes : opercules de *Cyclophoroidea*, autres spp. indéterm. Foraminifères benthiques : Choffatelles. Dasycladacées abondantes (Salpingoporelles). Cyanophytes : *Cayeuxia* sp. Vertébrés : dents broyeuses de Pycnodontes (Téléostéens, Actinoptérygiens).

– **MAN 16-17-18.** Charophytes : *Globator mutabilis* (formes primitives), *Perimneste micrandra*, *Perimneste ancora*, *Hemiclavator adnatus*, *Hemiclavator neimongolensis posticecaptus*, *Favargerella stellata*, *Porochara maestatica*, *Mesochara* gr. *harrisi*. Ostracodes : *Cypridea* spp., *Macrodentina* (*Dictyocythere*) sp., *Asciocythere* sp., *Schuleridea* sp., *Paracypris* sp. Gastéropodes : opercules de *Cyclophoroidea*, autres spp. indéterm. Foraminifères benthiques : Orbitolinidés (éch. 16 avec *Paracoskinolina* sp.), Choffatelles, Ataxophragmiidés. Dasycladacées très abondantes (Salpingoporelles). Cyanophytes : *Cayeuxia* sp. Échinidés (radioles). Vertébrés : dents broyeuses de Pycnodontes (Téléostéens, Actinoptérygiens).

Dans la partie terminale de la Formation El Cantaperdius, un très important niveau d'émersion est représenté par des argiles latéritiques ferrugineuses à pisolithes (éch. MAN 19, fig. 56E). Il s'agit là de prébauxites nommées argiles latéritiques "de type 2", qui forment "un seul niveau marneux à la base du Barrémien" [Combes, 1969, p. 247]. Il est intéressant de relever que le sédiment de ces argiles latéritiques "de type 2" appartient à l'Hauterivien terminal d'après son contenu micropaléontologique, alors que l'altération pédogénétique très poussée traduit l'installation d'un milieu franchement continental au Barrémien inférieur, une période de très bas niveau marin caractérisée par des dépôts de bordure de plate-forme [Arnaud-Vanneau et Arnaud, 1991]. L'inventaire micropaléontologique de ces argiles latéritiques est le suivant :

– **MAN 19.** Charophytes : *Globator mutabilis* (formes primitives), *Perimneste micrandra*, *Perimneste ancora*, *Hemiclavator adnatus*, *Flabellachara harrisi*, *Favargerella stellata*, *Porochara maestatica*, *Mesochara* gr. *harrisi*. Ostracodes : *Cypridea* spp., *Theriosynoecum* sp., *Timiriasevia* sp., *Macrodentina* (*Dictyocythere*) sp., *Paracypris* sp. Gastéropodes : opercules de *Cyclophoroidea*, autres spp. indéterm. Dasycladacées (Salpingoporelles). Cyanophytes : *Cayeuxia* sp. Échinidés (radioles). Vertébrés : dents broyeuses de Pycnodontes (Téléostéens, Actinoptérygiens).

Le sommet de la Formation El Cantaperdius présente aussi de remarquables calcaires rubéfiés et ferrugineux, bréchifiés et karstifiés, de couleur bariolée jaunero-rouge, qui correspondent aux argiles latéritiques "de type 3" (moins altérées que celles "de type 2") décrites au Cabo del Termino par Combes [1969, p. 245]. Ces argiles latéritiques "de type 3" se rapportent à une seconde phase émergitive, toutefois moins accentuée, d'âge barrémien supérieur et leur contenu micropaléontologique caractérise la Cénozoone continentale M8a (chap. 6). À ce propos, il faut signaler ici que l'association de Charophytes de la Cénozoone M8a signalée par Combes [1969, p. 204-205, éch. g] n'a pas pu être retrouvée dans la coupe d'El Mangraner malgré de patientes recherches. Ceci s'explique d'une part par l'absence totale de marnes au niveau des calcaires rubéfiés du Barrémien supérieur de la coupe d'El Mangraner et aussi parce que le seul niveau marneux directement sous-jacent (éch. MAN 20, fig. 56E) n'a livré que des Charophytes caractérisant la Cénozoone continentale M7b du Barrémien inférieur. L'inventaire micropaléontologique de cet échantillon se répartit ainsi :

– **MAN 20.** Charophytes : *Atopochara trivolvris triquetra* (petites formes primitives), *Perimneste micrandra*, *Perimneste ancora*, *Flabellachara harrisi*, *Favargerella stellata*, *Porochara maestatica* (population polymorphe avec gyrogonites de tailles très variables). Ostracodes : *Cypridea* spp., *Theriosynoecum* sp., *Fabanella boloniensis*. Gastéropodes : opercules de *Cyclophoroidea*, autres spp. indéterm. de grande taille (moules internes).

Dès lors, il est probable que l'association de Charophytes M8a ne provient pas directement de la coupe d'El Mangraner, mais plutôt des échantillons de la région voisine de la Masia San Miguel située environ 15 km plus au nord [Combes, 1969, p. 226 et 249].

Les calcaires rubéfiés du Barrémien supérieur font place vers le haut à la Formation Les Artoles (passage visible au bord de la piste d'El Mangraner), qui est constituée de dépôts marno-calcaires mixtes lagunolacustres et marins de couleur grise à verdâtre (fig. 56E),

dont le contenu micropaléontologique caractérise la Cénozone continentale M8b d'âge aptien inférieur (Bédoulien). Les remarquables niveaux chenalisés de brèches conglomératiques à cailloux noirs et de marnes vertes de la Formation Les Artoles (éch. MAN 21 à 26, fig. 56E) ont livré l'association micropaléontologique suivante, particulièrement abondante dans les échantillons 25 et 26 :

– **MAN 21-22-23-24-25-26.** Charophytes : *Globator trochiliscoides*, *Atopochara trivolvis triquetra* (formes



FIG. 57. – A : vue de la Formation des Calcaires de Herbers (Valanginien inférieur). B : vue de détail de A, horizon de marnes lacustres beige ayant livré la population-type du *Hemiglobator incrassatus* (le marteau mesurant 31,5 cm donne l'échelle). D'après Mojon [1996].



FIG. 59.— Coupe de Les Rases (Province de Teruel, Espagne). A : vue générale, où l'horizon-type de marne lacustre grise ayant livré *Globator mutabilis* (formes évoluées) est indiqué par une étoile et une flèche. B : vue de détail d'un niveau de brèche conglomératique à galets noirs du Barrémien inférieur (le marteau mesurant 31,5 cm donne l'échelle). D'après Mojon [1996].

(sur environ 1 km) a livré le même assemblage typique de la Cénozone M8b, avec en plus :

Charophytes : *Hemiclavator neimongolensis neimongolensis*, *Clypeator combei*. Ostracodes : *Cypridea gigantissima*. Ostracodes marins : *Hechtycythere derooi* (OERTLI, 1958) de l'intervalle Bédoulien (partie supérieure) - Albien inférieur, dans le cas présent d'âge un peu plus jeune que le Gargasien. Foraminifères benthiques : Cunéolines. Lamellibranches marins : petits Inocérames et autres formes indéterminées.

6.3. Description de la coupe de Les Rases (fig. 58 et 59A, B)

La coupe de Les Rases, très réduite (environ 21 m de dépôts sédimentaires carbonatés), débute par des calcaires marneux gris clair, qui ont livré une association paucispécifique de microfossiles berriasiens autorisant leur attribution à la Formation La Pleta d'un âge berriasien supérieur [Martin-Closas, 1989].

L'inventaire micropaléontologique de ce niveau (**échantillon LR 1**) est le suivant :

Charophytes : *Porochara jaccardi*, *Porochara fusca*.
Ostracodes : *Fabanella boloniensis*, *Macrodentina* (*Dictyocythere*) sp., *Paracypris* sp. Gastéropodes : *Gyraulus* sp., autres spp. indéterminés.

Au-dessus, après une zone couverte d'environ 6 m, se développe un ensemble remarquable de faciès d'estran et laguno-lacustres à continentaux comprenant des calcaires microbréchiques gris, des brèches conglomératiques à gros galets noirs (mesurant jusqu'à 20 cm), des marnes et des calcaires rubéfiés appartenant tous à la Formation Mirambell (= Formation des Marnes de Mirambell) d'âge barrémien. Les marnes lacustres de couleur grise surmontant les brèches conglomératiques sont caractérisées par l'association de Charophytes de la Cénozoone continentale M7b du Barrémien inférieur.

Les brèches conglomératiques présentent des traces de pédogénèse (paléosols) et des blocs arrondis parfois de grande taille correspondant à de très importantes et brusques accumulations de matériaux (avalanches de débris ou "debris flows") érodés et remaniés par des cours d'eau en crue (épisodes de pluies torrentielles) à partir des vastes aires émergées du Barrémien inférieur où se sont constituées les argiles latéritiques "de type 2".

À ce propos, les marnes lacustres non altérées de l'échantillon 2 de la coupe de Les Rases présentent une grande abondance de pisolithes remaniées, tout à fait comparables à celles des argiles latéritiques "de type 2" de l'échantillon 19 de la coupe d'El Mangraner.

Toutefois, la présence de microfossiles marins dans les échantillons 4 et 6 de la coupe de Les Rases indique une lente remontée du niveau marin avant une seconde phase émergée barrémienne caractérisée par les calcaires rubéfiés ferrugineux de couleur jaune-ocre, qui sont bréchifiés et karstifiés par de la dissolution due à

l'altération météorique et représentent ainsi l'équivalent des argiles latéritiques "de type 3" du Barrémien supérieur.

L'inventaire micropaléontologique de la Formation Mirambell dans la coupe de Les Rases est le suivant (**échantillons LR 2 à 6**) :

– **LR 2.** Charophytes : *Globator mutabilis* (formes évoluées), *Atopochara trivolis triquetra* (petites formes primitives), *Perimneste micrandra*, *Perimneste ancora*, *Flabellochara harrisi*, thalles de Clavatoracées indéterminés. Ostracodes : *Cypridea* sp. Gastéropodes indéterminés.

– **LR 3-4-5.** Charophytes : *Globator mutabilis* (formes évoluées), *Atopochara trivolis triquetra* (petites formes primitives), *Perimneste micrandra*, *Perimneste ancora*, *Flabellochara harrisi*, *Hemiclavator adnatus*, *Favargerella stellata*, *Porochara maestatica*. Ostracodes : *Cypridea* spp., *Theriosynoecum* sp., *Timiriasevia* sp. Gastéropodes : opercules de *Cyclophoroidea*, *Provalvata* sp., *Gyraulus* sp., autres spp. indéterminés. Ostracodes marins (éch. 4) : *Cythereis* sp. Foraminifères benthiques (éch. 4) : Orbitolinidés (*Eopalorbitolina* ? sp.), Choffatelles. Cyanophytes : *Cayeuxia* sp.

– **LR 6** (marnes ferrugineuses, passage au Barrémien supérieur). Charophytes : *Atopochara trivolis triquetra* (petites formes primitives se rapprochant des types plus évolués), *Perimneste micrandra* (morphotypes proches de *Perimneste vidua*), *Perimneste ancora*, *Flabellochara harrisi*, *Favargerella stellata*, *Porochara maestatica*. Ostracodes : *Cypridea gigantissima*, *Cypridea clavata* (ANDERSON, 1939), *Cypridea* spp., *Theriosynoecum* sp., *Timiriasevia* sp., *Mantelliana* sp., *Paracypris* sp. Gastéropodes : opercules de *Cyclophoroidea*, *Provalvata* sp., *Gyraulus* sp., autres spp. indéterminés. Foraminifères benthiques : Orbitolinidés (*Eopalorbitolina* ? sp.). Cyanophytes : *Cayeuxia* sp.

Chapitre 4

TAXONOMIE DES CHAROPHYTES ET OSTRACODES

1.- GÉNÉRALITÉS SUR LES CHAROPHYTES (fig. 60A, B, 61A à D, 62)

Les Charophytes sont des Algues chlorophylliennes de type particulier, représentées actuellement par l'unique Famille des Characées (Ordre des Charales) comprenant 7 genres (*Chara*, *Lamprothamnium*, *Lychnothamnus*, *Nitellopsis*, *Nitella*, *Tolypella* et *Sphaerochara*) et 300 espèces. Les Characées sont mondialement répandues depuis 69° de latitude Nord jusque vers 49° de latitude Sud et colonisent en tant que végétaux pionniers les milieux d'eau douce et saumâtres peu profonds (0,1 à 1 m en général, sauf pour certains taxons comme *Nitellopsis obtusa* qui a été trouvé jusqu'à 60 m de profondeur), pour des pH variant de 5,2

à 9,8. Ainsi, le genre *Chara* de loin le plus répandu est calciphile, le genre *Nitella* est acidophile et ne se calcifie pas (très peu représenté à l'état fossile), alors que les genres plus rares tels que *Tolypella* et *Lamprothamnium* vivent plutôt en milieu saumâtre à hypersalin. Dans les milieux de dépôt actuels et fossiles, les Charophytes sont couramment associées à des organismes microphages tels que des Arthropodes à carapace bivalve (Ostracodes) et des Mollusques (Gastéropodes) susceptibles de les utiliser aussi bien comme support que comme nourriture.

Le nom de genre *Chara* est le plus ancien et a été créé en 1719 par Vaillant, puis fut repris en 1753 par Linné (*Chara vulgaris* VAILLANT ex LINNAEUS). En 1865, O. Heer signala et décrivit une des premières

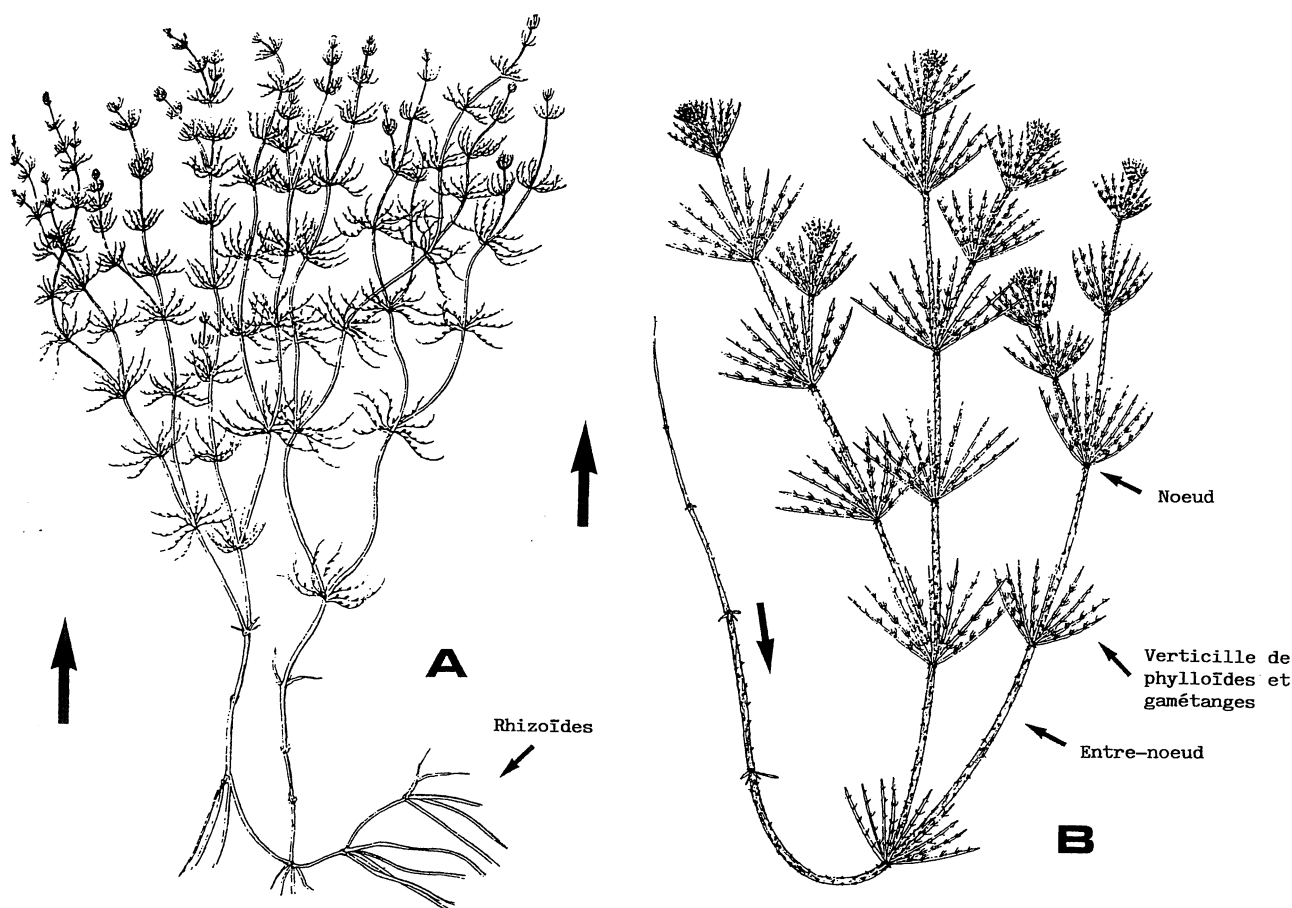


FIG. 60.- Aspect général du thalle des Charophytes actuelles, illustré par l'exemple des Characées. Représentations à échelle réduite (50%) des thalles de deux espèces du genre *Chara* à un stade de croissance relativement jeune. D'après Migula [1897]. A : *Chara vulgaris* VAILLANT ex LINNÉ, 1753. B : *Chara intermedia* A. BRAUN, 1859.

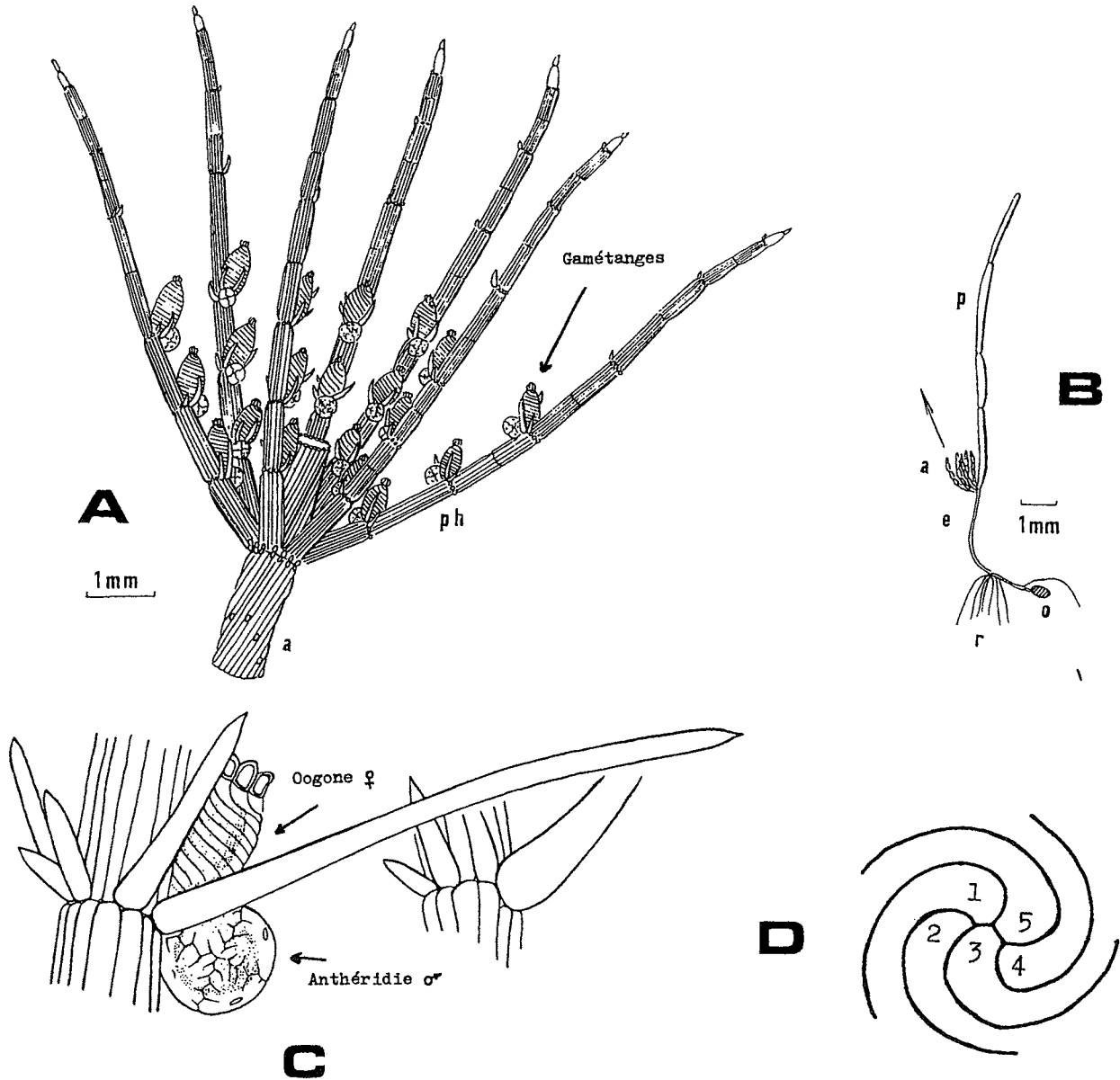


FIG. 61.— Détails du thalle et des fructifications des Charophytes actuelles, illustrés par l'exemple des Characées. A-B-C, d'après Corillion [1975] ; D, d'après Grambast [1958].

A : verticille de phylloïdes fertiles (avec gamétanges) d'une espèce monoïque du genre *Chara*. B : pro-embryon du genre *Chara* (o : oogone après germination ; r : rhizoïdes ; e : entre-nœud primordial du pro-embryon ; a : bourgeon latéral à l'origine de la plante adulte, la flèche indique la direction de croissance ; p : extrémité du filament pro-embryonnaire). Grossissements indiqués par l'échelle de référence de 1 mm.

C : nœud stérile (à droite) et nœud fertile (à gauche) fortement agrandis du thalle de *Chara polyacantha* A. Braun, 1859 ; une espèce monoïque (homothallique) à gamétanges ♂ (anthéridies) et ♀ (oogones) réunis ensemble sur le même thalle. **N.B.** : de nombreuses formes dioïques (hétérothalliques) à gamétanges séparés sur des thalles ♂ et ♀ existent également chez les Charophytes actuelles (Characées). D : apex fortement agrandi d'une gyrogonite (oogone calcifié) montrant la jointure des 5 cellules spiralées sénestres.

espèces de Charophyte fossile sous le nom de *Chara jaccardi* (Pl. 52, fig. 134), actuellement révisée en *Porochara jaccardi* (Porocharacées). Cependant, la position systématique des Charophytes dans le Règne végétal n'a été définie que tardivement. En effet, jusqu'à une époque récente les systématiciens ont considéré les Charophytes comme des Thallophtes (végétaux primitifs pourvus seulement d'un thalle : Algues et Champignons) et des Chlorophytes (végétaux chlorophylliens), dans le Phylum des Chlorophycophytes (Algues vertes) et dans la Classe des Charo-

phycées au même titre par exemple que les Chlorophycées. Or, la structure très ancienne (remontant au Silurien supérieur) et particulière de l'appareil reproducteur des Charophytes place plutôt celles-ci dans un nouvel Embranchement ou Phylum d'Algues indépendant des Chlorophycophytes [Grambast, 1962]. L'appareil végétatif des Characées (fig. 60A, B et 61A à D) correspond à un thalle mesurant parfois jusqu'à 1 m (mais en général de dimension beaucoup plus modeste) comprenant à sa base des rhizoïdes, puis un système d'axes primaires ramifiés formant des entrenœuds et

portant des noeuds avec des verticilles de rameaux segmentés ou phylloïdes. Chaque entre-noeud est constitué d'un cylindre de cellules centrales en général entouré par une cortication de cellules internodales à disposition spiralée (cellules hélicoïdales) et portant des acicules ou cellules épineuses. Les verticilles de phylloïdes (axes secondaires) présentent des noeuds secondaires autour desquels se trouvent les gamétanges ou organes reproducteurs. Ces gamétanges correspondent aux anthéridies _ et aux oogones _, qui peuvent se trouver ensembles sur le même thalle (espèces homothalliques ou "monoïques") ou séparés sur des thalles différents (espèces hétérothalliques ou "dioïques"). Les termes de monoïque ou dioïque s'appliquent en particulier au sporophyte diploïde des végétaux et ne sont pas très appropriés pour les thalles des Characées, qui sont en fait des gamétophytes haploïdes. En effet, les Characées sont des haplontes dont le cycle de reproduction est monogénétique haploïde. Le sporophyte diploïde n'a qu'une existence brève sous la forme d'un jeune zygote encore inclu dans l'oospore de l'oogone fécondée, la méiose survenant peu après la fécondation et 1 des 4 cellules obtenues donnant naissance à un nouveau thalle par l'intermédiaire d'un pro-embryon. Les anthéridies, de couleur orangée à maturité, sont formées de 8 (rarement 4) écussons soudés entre eux et produisent des spermatozoïdes biciliés.

À l'état fossile, seules les fructifications calcifiées des genres *Perimneste* (Clavatoracées) et *Pinnopotamen* (Pinnopotamenacées) présentent des empreintes d'anthéridies, rares exemples de monoécie (homothallisme) constituant un caractère évolué parmi les Charophytes fossiles. Le cas des Pinnopotamenacées signalé par Feist et Feist [1997] mérite d'être souligné, car il représente déjà au Silurien terminal le premier exemple connu de bisexualité chez les Végétaux.

Ce sont donc principalement les fructifications des Charophytes (gyrogonites et utricules) dérivant des oogones et quelquefois aussi les thalles qui, en se calcifiant bien, se sont fossilisés et ont permis l'étude de ces algues. Un oogone est formé d'une cellule centrale correspondant au gamète _ ou oosphère, qui est entourée par 5 cellules allongées et spiralées, avec à sa base une "cage" de 3 cellules rattachant l'oogone au thalle et dont seule la plus interne ou "cellule-soeur" de l'oosphère se calcifiera en plaque basale simple (genres *Chara*, *Lamprothamnium*, *Lychnothamnus*, *Nitellopsis*, *Sphaerochara*) ou composée (double) s'il existe deux "cellules-soeurs" (genres *Tolypella* et *Nitella*). Le sommet (apex) de l'oogone présente une coronule de 5 à 10 cellules qui ne se calcifient pas en général. La coronule a une importance en systématique, car elle permet de séparer la famille actuelle des *Characeae* en deux sous-familles : les *Charoideae* avec 5 cellules coronulaires et les *Nitelloideae* avec 10 cellules coronulaires. La calcification des oogones intervient après la fécondation, celles-ci devenant alors des oospores ou gyrogonites bien connues à l'état fossile.

Cette calcification concerne la plaque basale et la paroi externe constituée des 5 cellules spiralées, la paroi interne de l'oospore étant composée de sporostine organique. Fait évolutif remarquable, la structure des oogones comparable à un verticille contracté de phylloïdes correspondant aux 5 cellules spiralées et la calcification à rôle protecteur évoquent de manière troublante les structures homologues des graines de Phanérogames (tégument[s] et testa), étonnante convergence représentant au Paléozoïque inférieur déjà une tendance évolutive originale des algues pour atteindre le mode de reproduction des Végétaux supérieurs.

Les Charophytes fossiles caractérisent théoriquement les milieux de dépôt lacustres ou saumâtres, mais certaines formes primitives du Paléozoïque (Ordre des Trochilisciales) étaient tout à fait adaptées à un milieu margino-littoral côtier d'après leur présence dans des sédiments franchement marins [Tappan, 1980]. L'origine des Charophytes semble donc se trouver en domaine marin peu profond, à partir duquel ces Algues auraient colonisé progressivement les paléoenvironnements lagunaires puis d'eau douce des terres émergées. D'une manière générale, la paléoécologie des Charophytes fossiles peut être reconstituée d'après l'interprétation sédimentologique des milieux de dépôt et les organismes laguno-lacustres, marins ou terrestres qui leur sont associés. À cet égard, l'influence de facteurs écologiques internes aux milieux de dépôt (salinité, bathymétrie, pH) ou externes liés au climat (alternances saisonnières, tempêtes/ouragans) ainsi que les possibilités de transport éventuel sur de grandes distances (*jet-streams*, oiseaux) s'avère déterminante pour le développement et la répartition des Charophytes fossiles et actuelles (cf. chap. 2, § 1.1 ; chap. 3, § 1.4, p. 51).

Un bon aperçu général de l'Embranchement des Charophytes est représenté par le tableau de classification (fig. 62) établi par Feist et Grambast-Fessard [1991], qui représente l'évolution des différents types de fructifications fossiles des Charophytes depuis le Paléozoïque jusqu'à l'Actuel. En revanche, la conservation des thalles à l'état fossile est limitée à quelques espèces du Jurassique supérieur [*Echinochara spinosa* : fig. 73-74 ; *Echinochara pecki* : Pl. 49-50 ; Peck, 1957 ; Mojon et Mouchet, 1992] et du Crétacé inférieur [Berriasien : *Clavator reidi*, fig. 75, Pl. 14 et 51/C à F ; *Flabellochara grovesi*, fig. 76, Pl. 13/A et 15 ; *Perimneste horrida*, fig. 77 ; Harris, 1939 ; Mojon et Strasser, 1987 ; Barrémien : Martin-Closas et Diéguez, 1998 ; Berriasien supérieur-Barrémien : *Hemiclavator adnatus* : Pl. 44/H, Pl. 53/A et 57/I ; Bédoulien : *Atopochara trivolis triquetra*, Pl. 56 et 57/A-H]. À propos de l'attribution systématique du matériel de conservation exceptionnelle du Barrémien de l'Espagne par Martin-Closas et Diéguez [1998], il faut relever que celui-ci ne semble avoir aucun rapport avec les fructifications bien calcifiées abondantes et très variées des Charophytes de cette période.

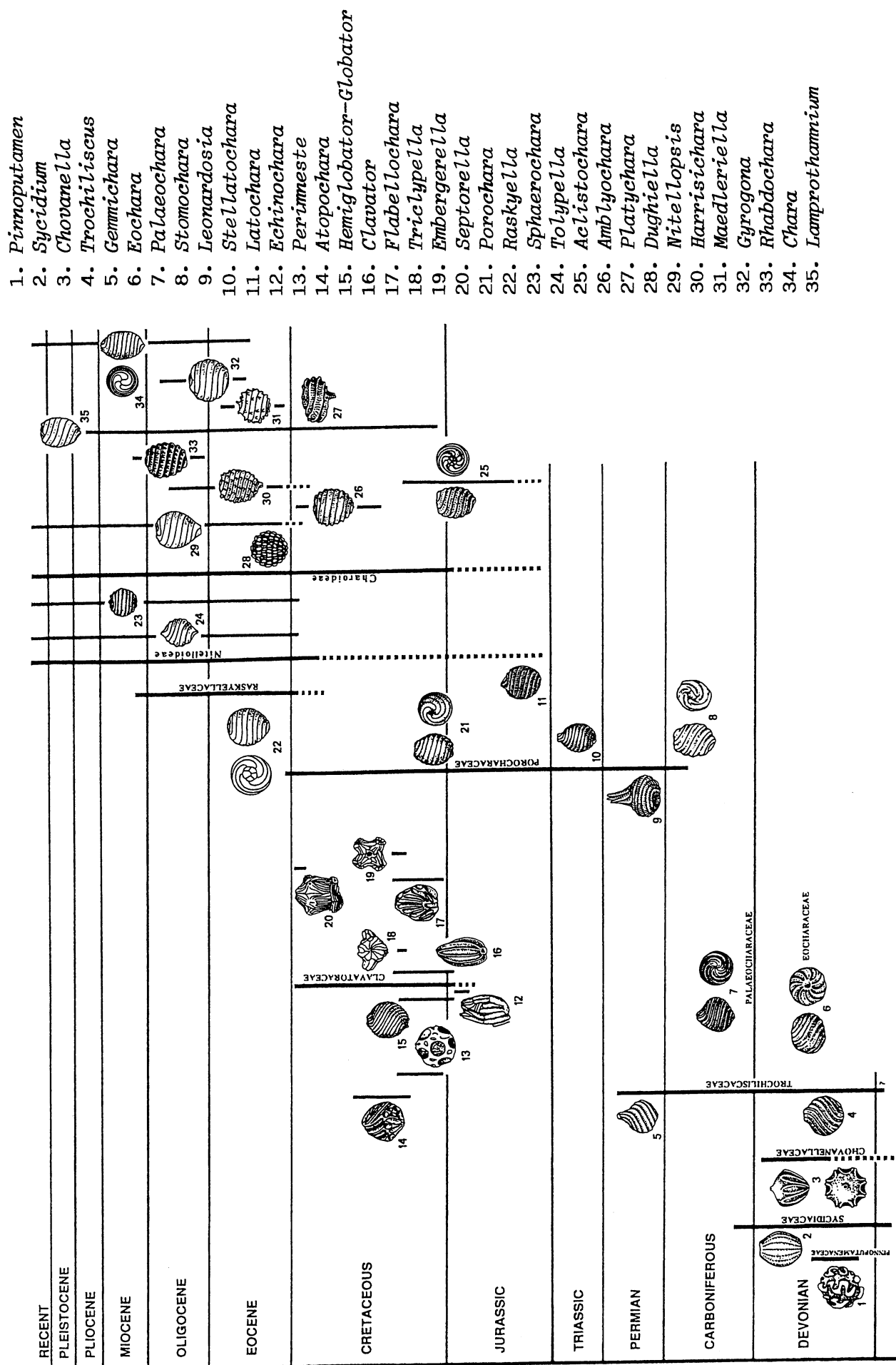


FIG. 62.- Tableau de la classification et de l'évolution des Charophytes d'après les principaux types structuraux de fructifications. D'après Feist et Grambast-Fessard [1991].

2.- DESCRIPTION DES NOUVEAUX TAXONS DE CHAROPHYTES ET D'OSTRACODES (fig. 63, 64, 65)

Remarque : le matériel paléontologique de référence des taxons présentés ici (collection P.O. Mojon) a été, selon la recommandation 7A (article 7) du Code international de la nomenclature botanique [Greuter *et al.*, 1988] et la recommandation 72A (article 72) du Code international de la nomenclature zoologique [Stoll *et al.*, 1961], déposé au Museum d'histoire naturelle de Genève (sigle abrégé : MHNG) sous forme de cellules plastifiées noires ou vertes numérotées de 59593 à 59616 (pour l'ensemble du matériel regroupant cellules, lames-minces, macrofossiles et échantillons de faciès remarquables, la numérotation finale et complète va jusqu'au n° MHNG 61000).

Il faut aussi rappeler ici les citations correctes à utiliser pour les nouveaux taxons décrits et figurés dans Détraz et Mojon [1989] d'après le Code international de la nomenclature botanique de 1988 (article 46, paragraphe 46.2 et recommandation 46.D) ainsi que d'après le Code international de la nomenclature zoologique de 1961 (article 51, paragraphe c). En effet, dans le chapitre 6 intitulé "Échelles biostratigraphiques utilisées" de la publication de Détraz et Mojon [1989], le titre du paragraphe 6.3 est rédigé ainsi : "Taxinomie des nouvelles sous-espèces hétérochrones de charophytes et d'ostracodes de la biozonation continentale du Berriasien du Jura franco-suisse (par P.O. Mojon)". D'après la référence très claire à un des auteurs de cette note visant à mettre en évidence sa contribution particulière attribuable à lui seul et qui ne prête de cette façon à aucune confusion possible, c'est donc Mojon qu'il faut citer comme ayant défini ces nouveaux taxons, par exemple : *Globator maillardi praecursor* MOJON, 1989 [in Détraz et Mojon, 1989], *Cypridea tuberculata oertlii* MOJON, 1989 [in Détraz et Mojon, 1989], etc... La même remarque s'applique d'ailleurs aussi à l'article Mojon et Médus [1990] pour la nouvelle espèce d'Ostracode lacustre du Barrémo-Bédoulien *Cypridea gigantissima* MOJON, 1990.

2.1. La lignée phylogénétique des *Hemiglobator-Globator* (Clavatoracées, Charophytes)

La mise en évidence de ces deux genres se justifie d'après les caractères particuliers de la morphologie et de la structure externe des utricules de *Globator trochiliscoides* (Barrémien supérieur-Bédoulien) ayant servi à définir le genre *Globator* d'après la description et les figures originales de Grambast [1966a, 1966b].

En effet, le genre *Globator* anciennement défini par Grambast [*op. cit.*] est composite et regroupe deux types morphologiques et structuraux certes étroitement apparentés mais néanmoins nettement distincts, qui correspondent chacun à un stade évolutif fondamental d'une même lignée phylogénétique comme dans le cas similaire de la lignée des *Perimneste-Atopochara*. Ces deux types structuraux fondamentaux (fig. 63) méritent d'être différenciés, car ils ne sont pas du tout identiques et ne doivent donc pas être confondus. Conformément aux données de Grambast [1966a] modifiées pour le genre *Hemiglobator* (MOJON, 2002), les caractères génériques sont basés sur l'aspect morphologique

général dépendant de la forme des utricules qui s'arrondit progressivement entre le Tithonien terminal et le Bédoulien ainsi que sur la structure externe de base caractérisée par la présence bien marquée ou la réduction importante voire la disparition totale des cellules basales et des subdivisions cellulaires latérales secondaires des utricules. Par contre, les caractères spécifiques concernent la variabilité au cours du temps des dimensions des utricules d'abord plutôt petits, allongés et amincis puis se raccourcissant et s'arrondissant pour devenir nettement plus volumineux, ainsi que les modifications affectant simultanément les cellules de la surface externe des utricules telles que leur spiralisation et leur élargissement ou rétrécissement. Ainsi, la lignée phylogénétique des *Hemiglobator-Globator* rejoint celle des *Perimneste-Atopochara* d'après la distinction clairement établie entre les caractères d'ordre générique et spécifique.

En outre, la tautonymie créée par Mojon [in Détraz et Mojon, 1989 ; 1996] d'après des sous-espèces biologiquement mal définies (notion floue au point de vue génétique) a été supprimée et abandonnée [Mojon, 2002]. Ces sous-espèces ont ainsi été élevées au rang d'espèces considérées comme bien distinctes génétiquement et morphologiquement, ce qui facilite aussi la compréhension et l'usage pratique de la biozonation des Charophytes du Crétacé inférieur essentiellement basée sur les *Hemiglobator-Globator* (Clavatoracées) selon Mojon [1996 ; ce travail, 2002].

Embranchement CHAROPHYTA MIGULA, 1890

Classe CHAROPHYCEAE G.M. SMITH, 1938

Ordre CHARALES LINDLEY, 1836

Famille CLAVATORACEAE PIA, 1927

Sous-famille ATOPOCHAROIDEAE PECK, 1938 emend.

Grambast, 1969

Genre *HEMIGLOBATOR* MOJON, 2002

Origine du nom : du grec *hēmi* signifiant "à demi". Au sein d'une même lignée phylogénétique, fait référence à des utricules de type primitif ébauchant ceux plus évolués du genre *Globator* originellement défini par Grambast [1966a, 1966b]. Cette distinction est basée sur la structure cellulaire externe des utricules et leur morphologie. La tendance évolutive générale observée dans la lignée des *Hemiglobator-Globator* correspond à une réduction importante du nombre de cellules à la surface des utricules (de 24 à 18, puis enfin à 15) ainsi qu'au très net raccourcissement et arrondissement de ceux-ci.

Espèce-type : *Hemiglobator praecursor* (MOJON, 1989) MOJON, 2002. Holotype, paratypes et morphotypes figurés dans Détraz et Mojon [1989] : MHNG 59593 (collection P.O. Mojon, Museum d'histoire naturelle de Genève) provenant de la partie inférieure du Purbeckien

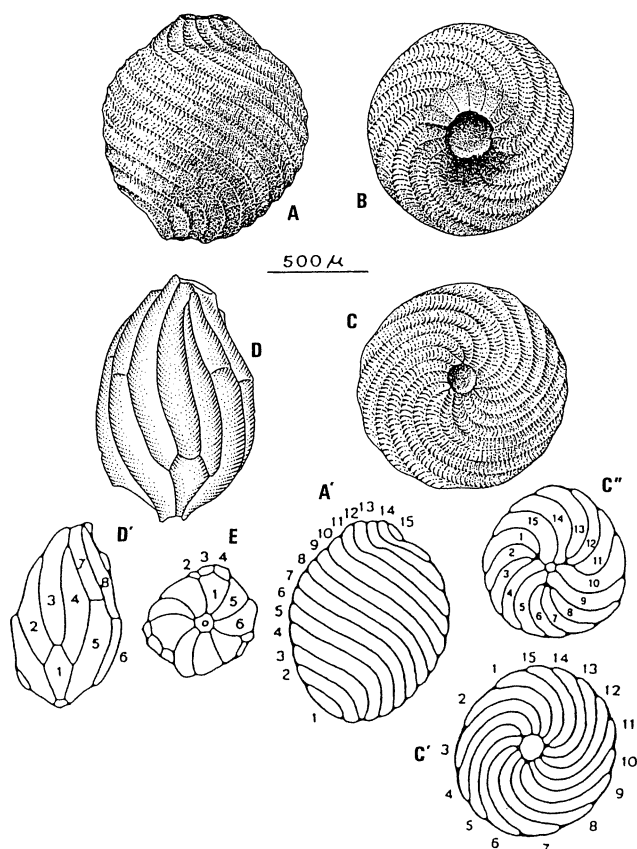


FIG. 63.— Morphologie et structure cellulaire externe de l'utricule dans la lignée phylogénétique des *Hemiglobator-Globator* (Clavatoracées, Charophytes). D'après les illustrations originales et redessinées de Grambast [1966a, 1974]. A-A'-D-D' : profil. B : apex. C-C'-C''-E : base.

A-B-C-A'-C'-C'' : genre *Globator* du Valangien supérieur-Aptien inférieur (Bédoulien). A-B-C-A'-C' : *G. trochiliscoides*. C'' : *G. mutabilis* (formes évoluées). 1 à 15 = cellules spiralées sénéstres, allongées et indivises.

D-D'-E : genre *Hemiglobator* du Tithonien supérieur-Valangien inférieur ; *H. praecursor*. 1 = cellules basales. 2-3-4 = faisceaux de 3 cellules allongées. 5-6-7-8 = faisceaux de 4 cellules allongées et adjacentes, groupées 2 par 2.

N.B. : pour la compréhension de A'-D'-E, le sens de la numérotation des cellules utriculaires est dextre et inversé par rapport à la spiralisation sénéstre des utricules.

du Jura franco-suisse (Couches nymphéennes, Berriasien inférieur), Céno-zone continentale M1b, coupe de St-Claude (échantillon/niveau SCI 10) et coupe de Riedli/Bienne (échantillon/niveau RB 13).

Diagnose : Clavatoracées dont les utricules piriformes présentent une paroi calcifiée simple ainsi qu'un arrangement cellulaire externe à symétrie d'ordre 3, caractéristique des *Atopocharoideae* et constitué de 24 ou plus rarement de 18 cellules concaves droites ou à spiralisation sénéstre. Les empreintes cellulaires visibles à la surface des utricules sont réparties en 3 groupes équivalents de 8 ou plus rarement de 6. Chaque groupe cellulaire comprend 1 cellule basale courte en général bien développée prolongée par un faisceau de 3 cellules

allongées, ainsi qu'un second faisceau adjacent de 4 cellules allongées et superposées 2 à 2. Parfois, à titre d'exception, les cellules basales sont réduites et le 2^e faisceau de chaque groupe cellulaire équivalent ne présente plus que 2 cellules par disparition des divisions ou cloisons cellulaires horizontales (*H. steinhauseri*). Utricules le plus souvent allongés, quelquefois globuleux, de taille et de spiralisation très variables selon les différentes espèces reconnues.

Hemiglobator rectispirale (FEIST, 1995) MOJON, 2002

Planche 3 (fig. C-D), fig. 94 (1-2)

1995 – *Globator rectispirale* FEIST, sp. nov. ; Feist *et al.*, p. 412, pl. 1, fig. 1 et 5.

2002 – *Hemiglobator rectispirale* (FEIST, 1995) nov. comb. ; Mojon, p. 35 et 39, fig. 2 (1-2).

Description : utricules trapus de grande taille (750-1050 x 650-850 µm), à cellules larges et droites uniquement.

Attribution stratigraphique et répartition géographique : espèce la plus ancienne et la plus primitive du genre *Hemiglobator* caractérisant la Cénozone continentale M1a du Jurassique terminal (Tithonien supérieur) - Crétacé basal (Berriasien basal) du domaine téthysien [marge africaine : Algérie occidentale ; marge européenne : Portugal, pl. 33, fig. 7 in Ramalho, 1971] et de la partie basale du Lower Purbeck du domaine boréal (Sud de l'Angleterre).

Hemiglobator praecursor (MOJON, 1989) MOJON, 2002

Planche 18 (fig. M à R), fig. 94 (2-3)

1989 – *Globator maillardi praecursor* n. ssp. ; MOJON in Détraz et Mojon, p. 53-54 et 56-57, fig. 5M à 5R.

1990 – *Globator maillardi praecursor* MOJON 1989 ; Schudack, p. 222 et 242-243, pl. 3, fig. 1-2.

1995 – *Globator praecursor* (MOJON) comb. nov. ; Feist *et al.*, p. 412-413, pl. 1, fig. 2 et 6-7.

2002 – *Hemiglobator praecursor* (MOJON, 1989) comb. & stat. nov. ; Mojon, p. 35 et 39, fig. 2 (3-4).

Matériel étudié : plusieurs centaines d'utricules du Purbeckien du Jura franco-suisse.

Diagnose : la structure externe de l'enveloppe utriculaire correspond à la diagnose du genre *Hemiglobator*. Utricules en général nettement plus petits et plus trapus que ceux de *H. maillardi*, dont l'aspect est très proche.

Description : utricules trapus à oblongs et de petite taille, avec des cellules larges, droites ou légèrement spiralées. Structure externe de l'enveloppe utriculaire

caractéristique du genre *Hemiglobator* et composée de 24 cellules réparties en 3 groupes équivalents de 8, comprenant chacun 1 cellule basale courte prolongée par un faisceau de 3 cellules allongées ainsi qu'un second faisceau adjacent de 4 cellules allongées et superposées 2 à 2.

Dimensions : longueur = 850 à 1000 μm ; largeur = 600 à 700 μm .

Attribution stratigraphique et répartition géographique : faciès purbeckiens (Berriasien inférieur, Cénozone continentale M1b) de l'Europe occidentale, domaine téthysien [Jura franco-suisse : Détraz et Mojon, 1989 ; Espagne : Brenner, 1976 ; Schudack, 1987a ; Martin-Closas, 1989] et domaine boréal [Allemagne du Nord : Schudack, 1990, 1993 ; Sud de l'Angleterre : Feist *et al.*, 1995].

Hemiglobator protoincrassatus (MOJON, 1989)

MOJON, 2002

Planche 18 (fig. E à L), fig. 94 (5 à 8)

- 1989 – *Globator maillardi protoincrassatus* n. ssp. ; MOJON in Détraz et Mojon, p. 54 et 56-57, fig. 5E à 5L.
- 1990 – *Globator maillardi protoincrassatus* MOJON, 1989 ; Schudack, p. 222 et 242-243, pl. 3, fig. 3 à 5.
- 1995 – *Globator protoincrassatus* (MOJON) comb. nov. ; Feist *et al.*, p. 413-414, pl. 1, fig. 3-4 et 8.
- 2002 – *Hemiglobator protoincrassatus* (MOJON 1989) comb. & stat. nov. ; Mojon, p. 35 et 39-40, fig. 2 (5 à 8).

Matériel étudié : plusieurs centaines d'utricules du Purbeckien du Jura franco-suisse.

Diagnose : le type structural des utricules correspond tout à fait à celui de l'espèce-type *H. praecursor*, avec en plus une spiralisation sénestre très apparente.

Description : utricules trapus à oblongs, parfois globuleux, de grande taille, avec des cellules larges nettement spiralées. La spiralisation des utricules de *H. protoincrassatus* constitue un caractère évolutif qui les rapproche de ceux de *H. neocomiensis*. Toutefois, la différence de taille très importante entre ces deux taxons permet de les différencier aisément.

Dimensions : longueur = 850 à 1150 μm ; largeur = 600 à 850 μm .

Attribution stratigraphique et répartition géographique : partie supérieure des faciès purbeckiens (Berriasien inférieur, Cénozone continentale M2) de l'Europe occidentale, domaine téthysien [Jura franco-suisse : Détraz et Mojon, 1989] et domaine boréal [Allemagne du Nord : Schudack, 1990, 1993 ; Sud de l'Angleterre : Feist *et al.*, 1995].

Hemiglobator maillardi (DE SAPORTA, 1891)

MOJON, 2002

Planches 3 (fig. E-F) et 18 (fig. A à D), fig. 94 (9 à 12)

- 1891 – *Chara maillardi* n. sp. ; De Saporta, p. 498-500, pl. 72bis, fig. 7-7a-7b, non fig. 6-6a-6b.
- 1966a – *Globator maillardi* (DE SAPORTA, 1891) n. comb. ; Grambast, p. 1929-1932, fig. 4.
- 1966b – *Globator maillardi* (DE SAPORTA, 1891) GRAMBAST ; Grambast, pl. 3, fig. 1 à 4.
- 1989 – *Globator maillardi maillardi* (DE SAPORTA, 1891) GRAMBAST, 1966a ; Détraz et Mojon, p. 54 à 57, fig. 5A à 5D.
- 2002 – *Hemiglobator maillardi* (DE SAPORTA, 1891) (GRAMBAST, 1966) nov. comb. ; Mojon, p. 35 et 40, fig. 2 (9 à 12).

Description : utricules trapus à oblongs, en général plus larges et plus grands que ceux de *H. praecursor* (1000-1100 x 600-750 μm), avec des cellules larges et droites impliquant la disparition temporaire de la spiralisation et correspondant ainsi à une première homoplasie par rapport à *H. rectispirale* et *H. praecursor*.

Attribution stratigraphique et répartition géographique : cette espèce semble endémique et est limitée au sommet du Purbeckien (Berriasien inférieur terminal, Cénozone continentale M3) du Jura franco-suisse, où elle est extrêmement abondante [Détraz et Mojon, 1989].

Hemiglobator neocomiensis MOJON, 2002

Planche 19 (fig. A à H), fig. 94 (13 à 17)

- partim 1974 – *Globator incrassatus* GRAMBAST ; Grambast, p. 472-473, fig. 5(2), nomen nudum.
- 1987 – *Globator incrassatus* (GRAMBAST) MARTIN-CLOSAS & GRAMBAST-FESSARD, 1986 ; Mojon et Strasser, p. 45 et 49, fig. 8 C-D-E.
- 1989 – *Globator incrassatus* MARTIN-CLOSAS & GRAMBAST-FESSARD, 1986 emend. MOJON ; Détraz et Mojon, p. 55 et 57 à 59, fig. 6A à 6H.
- 1996 – *Globator incrassatus* MOJON, 1989 ; Mojon, p. 92-93, pl. 1, fig. 1A à 1H.
- 2002 – *Hemiglobator neocomiensis* nov. sp. ; Mojon, p. 35 et 40, fig. 2 (13 à 17).

Remarques sur *H. neocomiensis* et *H. incrassatus* : selon l'article 8 (appliqué parallèlement aux recommandations 50A à 50E) du Code international de la nomenclature botanique (1988), la publication de la nouvelle espèce *Globator incrassatus* d'âge valanginien par Martin-Closas et Grambast-Fessard [1986] ne respecte pas en totalité les conditions requises pour

valider ce nouveau taxon fossile qui devrait être placé pour cette raison sur la liste des *nomina rejicienda* (article 69 du Code). En effet, ce nom initialement introduit par Grambast [1974] a été repris et utilisé de façon inappropriée en 1986 pour du matériel paléontologique de provenance inconnue, d'attribution stratigraphique erronée et dont les mensurations sont inexactes [Mojon, 1996]. Au sens des règles de la nomenclature botanique (articles 8.1. et 13.3. du Code de 1988), de telles lacunes peuvent prêter ultérieurement à confusion et sont de nature à invalider la publication d'une nouvelle espèce fossile. C'est pourquoi, en tenant compte des paramètres initiaux (localisation géographique et âge présumé : "Zone de Bienne" du Jura suisse et "Valanginien basal" amenés par le premier auteur du nom [*op. cit.*], il est ainsi souhaitable et nécessaire de préciser clairement et sans équivoque la taxonomie, la provenance et l'attribution stratigraphique des matériaux collectés dans le Jura et en Espagne. À ce propos, il faut souligner que le matériel récolté en Espagne par L. Grambast et ayant servi à l'étude de Martin-Closas et Grambast-Fessard [1986] pour définir les types nomenclatureaux de la nouvelle espèce *H. incrassatus* correspond tout à fait à celui de Mojon [1996] attribué à une nouvelle espèce *H. fallax*. D'après ces considérations ainsi que la règle de priorité (ou d'antériorité) du Code, la synonymie établie entre ces deux taxons n'autorise pas un changement de nom (*nomen novum* : article 7, paragraphes 7.11 et 7.12 ; article 48) mais seulement la conservation de l'ancien nom *incrassatus* (*nomen conservandum* : article 14 et recommandation 50E, paragraphe 50E.1). Malgré les erreurs de procédure constatées, l'espèce *incrassatus* créée en 1986 sur des bases inadéquates peut donc être considérée comme valide et prioritaire par rapport à une nouvelle espèce *H. neocomiensis* reconnue et définie d'après le seul matériel récolté dans le Berriasien moyen du Jura suisse occidental [Mojon, 1996, 2002] en suivant ainsi l'article 46 (paragraphe 46.3) et l'article 50 (recommandation 50A, paragraphe 50A.2) du Code.

Il est regrettable que la publication de Martin-Closas et Grambast-Fessard [1986] ne tienne absolument pas compte de la localisation stratigraphique et des caractères morphologiques du matériel récolté dans le Jura suisse par Mojon après des recherches préliminaires [1985 ; *in* Mojon et Strasser, 1987], pourtant clairement identifié et figuré sous le nom de *Globator incrassatus* par référence à Grambast [1974], et dont l'existence avait déjà été signalée par ce dernier auteur à la suite du travail de Häfeli [1966]. De plus, la Formation El Mangraner attribuée avec raison au Berriasien supérieur terminal d'après la présence de *Hemiglobator steinhauseri* (et non pas de *Hemiglobator nurrensis* du Berriasien supérieur) ne peut de toute évidence, en l'absence de tout argument tectonique (les couches étant en parfaite continuité sédimentaire), être surmontée par une formation d'âge berriasien moyen [Martin-Closas, 1989 ; Martin-Closas et Salas, 1989, 1994]. Par rapport à la recommandation 7B (paragraphes 7B.4 à 7B.6) du

Code, il faut encore préciser que, initialement, *H. incrassatus* est seulement figuré sous forme de dessin relativement explicite dans la note de Grambast [1974] et qu'il s'agit donc d'un *nomen nudum* en l'absence de cliché photographique, de même que ce taxon est aussi cité plus au sud en Espagne et en France ("southern France"). En outre, il faut relever que l'holotype choisi par Martin-Closas et Grambast-Fessard [1986] pour représenter l'espèce *incrassatus* est figuré dans la réplique de Martin-Closas et Salas [1998 ; fig. 3, p. 106] sous le nom aberrant et très confus de *Globator maillardi nurrensis*. À cet égard, une comparaison même sommaire des formes attribuées à *H. nurrensis*, *H. neocomiensis* et *H. incrassatus* (anciennement "*G. fallax*") montre clairement et sans équivoque que celles-ci sont absolument différentes et ne peuvent en aucun cas être confondues.

Toutefois, les données présentées par Mojon [*in* Détraz et Mojon, 1989 ; 1996] comportent également certaines imperfections, car aucune diagnose ni description d'une nouvelle espèce n'ont encore été établies en excluant formellement les types choisis par Martin-Closas et Grambast-Fessard [1986] et que, de même, aucun holotype ni paratypes n'ont été désignés parmi les spécimens figurés (article 7, paragraphe 7.5 et recommandation 7B, paragraphes 7.B.3 et 7.B.5 ; ainsi que article 8 du Code). Dans cette étude et d'après Mojon [2002], les lacunes des travaux antérieurs de Mojon [*op. cit.*] ont été rectifiées par rapport à ce qui a déjà été publié.

Ainsi, au sens juridique, ces problèmes de nomenclature se trouvent complètement résolus et réglés sans devoir faire l'objet, d'après les articles 14, 15, 64, 69 et la Division III du Code international de la nomenclature botanique [1988], d'une demande de conservation (*nomen conservandum*) ou de rejet (*nomen rejiciendum*) lors d'un prochain Congrès international de Botanique. Par courtoisie mais aussi par esprit de conciliation, l'auteur a préféré renoncer à une telle démarche longue et fastidieuse en procédant lui-même aux modifications nécessaires.

Matériel étudié : plusieurs centaines d'utricules du sommet du Purbeckien et de la partie inférieure de la Formation de Pierre-Châtel (Unité Inférieure Oolithique, Berriasien moyen) du Jura franco-suisse.

Diagnose : utricules volumineux à spiralisation sénestre et à symétrie d'ordre 3 présentant en vue externe les 3 groupes cellulaires équivalents de 8 cellules caractéristiques du genre *Hemiglobator*.

Description : utricules piriformes globuleux à allongés, de très grande taille, avec des cellules larges fortement spiralées et un pore apical circulaire.

Dimensions : longueur = 950 à 1350 µm ; largeur = 700 à 1200 µm.

Attribution stratigraphique et répartition géogra-

phique : faciès émerifs du Berriasien moyen (Cénozone continentale M4) du Jura central franco-suisse [Détraz et Mojon, 1989 ; Mojon, 1996].

Hemiglobator nurrensis (PECORINI, 1969)
MOJON, 2002

Planches 20 (fig. I à L) et 39 (fig. P à R),
fig. 94 (18-19)

- 1969 – *Globator maillardi* (DE SAPORTA) GRAMBAST var. *nurrensis* n. var. ; Pecorini, p. 7-8, fig. 2a-c et 8a-r.
- 1974 – *Globator nurrensis* (PECORINI) GRAMBAST ; Grambast, p. 472-473, fig. 5 (3), nomen nudum.
- 1984 – *Globator nurrensis* (PECORINI) GRAMBAST n. comb. ; FEIST & GRAMBAST-FESSARD in Colin *et al.*, p. 348 à 350 et 352, pl. 1, fig. 1-2.
- 1989 – *Globator nurrensis nurrensis* (PECORINI) GRAMBAST, 1974 ex FEIST & GRAMBAST-FESSARD, 1984 ; Détraz et Mojon, p. 58 et 60-61, fig. 7E à 7L (révision par Mojon, 1996 ; pl. 2, fig. 1I à 1L).
- 2002 – *Hemiglobator nurrensis* (PECORINI, 1969) (GRAMBAST, 1974 ex FEIST & GRAMBAST-FESSARD, 1984) nov. comb. ; Mojon, p. 37 et 41, fig. 3 (18-19).

Description : utricules piriformes à allongés, le plus souvent très oblongs et à cellules basales réduites, de grande taille (950-1500 x 650-1050 µm), avec des cellules fines à spiralisation très accentuée et un col apical bien développé.

Attribution stratigraphique et répartition géographique : faciès purbecko-wealdiens (Berriasien supérieur, Cénozone continentale M5a) du domaine téthysien de l'Europe occidentale [Jura franco-suisse : Détraz et Mojon, 1989 ; Sardaigne : Pecorini, 1969 ; Colin *et al.*, 1984 ; Basse-Provence : Babinot *et al.*, 1971 ; Virgone, 1997 ; Espagne : Brenner, 1976 ; Schudack, 1987, 1993 ; Martin-Closas et Grambast-Fessard, 1986 ; Martin-Closas, 1989 ; Portugal : Ramalho, 1971].

Hemiglobator steinhauseri (MOJON, 1989)
MOJON, 2002

Planches 20 (fig. A à H) et 39 (fig. D à O),
fig. 94 (20 à 23)

- 1989 – *Globator nurrensis steinhauseri* n. ssp. ; MOJON in Détraz et Mojon, p. 60 à 62 et 65, fig. 7A à 7D.
- 1996 – *Globator nurrensis steinhauseri* MOJON, 1989 ; Mojon, pl. 2, fig. 1A à 1H.

2002 – *Hemiglobator steinhauseri* (MOJON, 1989) comb. & stat. nov. ; Mojon, p. 37 et 41, fig. 3 (20 à 23).

Matériel étudié : plusieurs dizaines d'utricules du S.-E. de la France : Formation de Vions du Jura français méridional, des "Marnes vertes infracrétacées" de la Basse-Provence occidentale (Mt Faron, Toulon) et de la Haute-Provence (Gorges du Verdon), ainsi que du N.-E. de l'Espagne (Formations d'El Mangraner et des Calcaires des Polacos, Maestrazgo).

Diagnose : utricules du genre *Hemiglobator* présentant une symétrie caractéristique d'ordre 3. La structure externe de l'enveloppe utriculaire est composée de 18 cellules réparties en 3 groupes de 6. Chaque groupe cellulaire comprend une cellule basale réduite supportant un faisceau de 3 cellules allongées, ainsi que 2 cellules latérales allongées et indivises.

Description : utricules piriformes à globuleux-arrondis et de grande taille, avec des cellules plutôt larges à spiralisation très accentuée, se caractérisant par la régression des cellules basales déjà amorcée chez *H. nurrensis* et la disparition des cloisons entre les cellules latérales allongées du 2^e faisceau de chacun des 3 groupes cellulaires équivalents (plus que 18 cellules au total au lieu de 24) ainsi que par un col apical court et réduit.

Dimensions : longueur = 950 à 1100 µm ; largeur = 700 à 1000 µm.

Attribution stratigraphique et répartition géographique : faciès émerifs purbecko-wealdiens (Berriasien supérieur, Cénozone continentale M5b) du domaine téthysien de l'Europe, dans le S.-E. de la France (Jura franco-suisse et Provence), le N.-E. de l'Espagne (Maestrazgo) et en Roumanie [Dobrogea : Malz, 1969] d'après Détraz et Mojon [1989] et Mojon [1996, ce travail]. Au Portugal (Algarve), ce taxon est signalé sous le nom de *Globator trochiliscoides* var. par Rey et Ramalho [1974] au sein de couches marno-calcaires à *Zergabriella embergeri* et *Choffatella pyrenaica* attribuées au "Valanginien" (en fait d'âge berriasien supérieur terminal).

Hemiglobator incrassatus (MARTIN-CLOSAS & GRAMBAST-FESSARD, 1986) MOJON, 2002

Planches 39 (fig. A à C) et 40 (fig. A à J),
fig. 94 (24 à 28)

- partim 1974 – *Globator incrassatus* GRAMBAST ; Grambast, p. 472-473, fig. 5(2), nomen nudum.
- 1986 – *Globator incrassatus* n. sp. ; Martin-Closas et Grambast-Fessard, p. 43-45, pl. 9, fig. 8 à 11.
- 1996 – *Globator fallax* n. sp. ; Mojon, p. 74 à 76, pl. 1, fig. 2A à 2J.
- 2002 – *Hemiglobator incrassatus* (MARTIN-CLOSAS & GRAMBAST-FESSARD, 1986) nov. comb. ; Mojon, p. 37 et 41-42, fig. 3 (24 à 28).

Matériel étudié : plusieurs centaines d'utricules du Nord-Est de l'Espagne (Maestrazgo) et du Sud-Est de la France (Basse-Provence occidentale).

Description : volumineux utricules piriformes, globuleux à allongés et de très grande taille, avec des cellules très larges et fortement spiralisées, se caractérisant par un col apical court et réduit (caractère évolué hérité des taxons *nurrensis* et *steinhauseri* du Berriasien supérieur) ainsi qu'un pore apical avec une configuration en rosace. Ces utricules présentent à nouveau un total de 24 cellules (cellules basales bien développées et sutures séparant les cellules latérales allongées) ainsi qu'un gigantisme très apparent traduisant la résurgence de caractères ancestraux de type primitif et correspondant ainsi à une seconde homoplasie par rapport à *H. neocomiensis* (espèce à utricules de taille toutefois un peu plus faible).

Dimensions : longueur = 1250 à 1650 µm ; largeur = 950 à 1350 µm.

Attribution stratigraphique et répartition géographique : faciès émergifs du Valanginien inférieur (Cénozone continentale M6) du domaine téthysien de l'Europe occidentale [N.-E. de l'Espagne et S.-E. de la France ; Mojon, 1996, ce travail]. D'après la présente étude, l'analyse séquentielle comparée des dépôts émergifs berriaso-valanginiens entre le Jura, la Provence et le Maestrazgo montre que les premiers effets de la transgression dite "hauterivienne" (faciès à éléments marins dominants) se manifestent dès le Valanginien supérieur. C'est pourquoi, pour préciser les données de Mojon [1996], l'attribution stratigraphique de *H. incrassatus* (Cénozone continentale M6) doit être restreinte au seul Valanginien inférieur, alors que celle du stade évolutif suivant caractérisé par les formes primitives de *G. mutabilis* (Cénozone continentale M7a) comprend non seulement l'Hauterivien mais aussi le Valanginien supérieur, où l'apparition de ce taxon coïncide avec celle d'autres bio-marqueurs très importants renouvelant la microfaune du domaine marin et représentés par les Ostracodes *Costacythere frankei* (TRIEBEL), *Rehacythereis bernardi* (GROSDIDIER), *Hechticythere hechti* (TRIEBEL), *Parexophthalmocythere rodewaldensis* BARTENSTEIN & BRAND et enfin *Protocythere triplicata* (ROEMER).

Genre **GLOBALATOR** GRAMBAST, 1966
emend. MOJON, 2002

Espèce-type : *Globator trochiliscoides* GRAMBAST, 1966a. Holotype et paratypes figurés dans Grambast [1966b] : C.633-1 à 5 (collection L. Grambast, Laboratoire de Paléobotanique, U. S. T. L., Montpellier II) provenant des faciès continentaux du Barrémien supérieur du N.-E. de l'Espagne [argiles latéritiques "de type 3", Cénozone continentale M8a, coupe du Cabo del Termino, Catalanides ; Mojon, 1996, ce travail].

Diagnose émondée : Clavatoracées dont les utricules globuleux présentent une paroi calcifiée simple, ainsi qu'un arrangement cellulaire externe, constituée essentiellement de cellules concaves allongées et indivises à spiralisation sénestre très accentuée. Surface des utricules à symétrie d'ordre 3 héritée des *Hemiglobator* et caractéristique des *Atopocharoideae* parfois encore bien apparente (18 cellules réparties en 3 groupes équivalents de 6) avec réduction et régression très importante des cellules basales (nommées pour cette raison "vestigiales" ou alors disparition totale des cellules basales avec une configuration régulière torsadée de 15 cellules, où les groupes cellulaires équivalents sont apparemment confondus. Dans ce dernier cas, on peut distinguer en vue basale le 1^{er} faisceau cellulaire (3 cellules) du second (2 cellules) dans chacun des 3 groupes cellulaires équivalents d'après le rétrécissement des 3 cellules du 1^{er} faisceau lorsqu'elles rejoignent le pore basal pour former un début de faisceau cunéiforme. Disparition complète et définitive des divisions horizontales entre les cellules du 2^e faisceau. Utricules nettement arrondis, ovoïdes voire sphériques, de grande taille et fortement spiralisés. Apex des utricules aminci par rapport à leur base arrondie et pore apical environ deux fois plus grand que le pore basal.

Globator mutabilis (MOJON, 1996) MOJON, 2002

Planches 43 (fig. A à J, G'-H'-J') et 46 (fig. A-A'),
fig. 95 (29 à 34)

- 1966a – *Globator trochiliscoides* var. ; Grambast, p. 1930 à 1932, fig. 6.
- 1974 – *Globator trochiliscoides* var. ; Grambast, p. 472-473, fig. 5 (4) et 6c.
- 1986 – *Globator trochiliscoides* GRAMBAST, 1966 ; Martin-Closas et Grambast-Fessard, p. 46-49, pl. 10, fig. 1 à 4.
- 1989 – *Globator maillardii* var. *trochiliscoides* (GRAMBAST, 1966) nov. comb. ; Martin-Closas, p. 318-321, pl. 11, fig. 7 à 10.
- 1989 – *Globator trochiliscoides* GRAMBAST, 1966 ; Schudack, p. 416-417, pl. 2, fig. 7 à 11.
- 1993 – *Globator maillardi trochiliscoides* (GRAMBAST, 1966) MARTIN-CLOSAS, 1989 ; Schudack, p. 101, fig. 17 à 20.
- 1996 – *Globator trochiliscoides mutabilis* n. ssp. ; Mojon, p. 76-77 et 94-95, pl. 2, fig. 2A à 2J et 2G'-H'-J'.
- 2002 – *Globator mutabilis* (MOJON, 1996) nov. comb. ; Mojon, p. 38 et 42-43, fig. 4 (29 à 34).

Matériel étudié : plusieurs centaines d'utricules du Nord-Est de l'Espagne (Maestrazgo).

Diagnose : la morphologie générale (forme, taille, spiralisation) des utricules de *G. mutabilis* est en

apparence très proche de celle du type de *G. trochiliscoides*, mais avec une structure qui correspond encore à celle de *H. steinhauseri* d'après la présence d'un col apical réduit et surtout de cellules basales vestigiales (beaucoup plus petites que chez *H. steinhauseri* voire restreintes à un simple filament) dessinant nettement une symétrie caractéristique d'ordre 3 encore très apparente.

Description : utricules piriformes et globuleux-arrondis à oblongs, de grande taille, avec des cellules larges à spiralisation bien développée et un col apical réduit, de très petites cellules basales vestigiales ou filamenteuses ainsi qu'une absence totale de divisions entre les cellules latérales allongées du 2^e faisceau de chacun des 3 groupes cellulaires équivalents.

Les formes primitives du Valanginien supérieur-Hauterivien (Cénozone continentale M7a ; Pl. 43, fig. I-J-J' ; Pl. 46, fig. A-A') se distinguent de celles du Barrémien inférieur (Cénozone continentale M7b ; Pl. 43, fig. A à H et G'-H') d'après la taille des cellules basales vestigiales. Les utricules attribués au Valanginien supérieur-Hauterivien possèdent toujours des cellules basales vestigiales très petites, mais bien individualisées (Pl. 43, fig. J' ; Pl. 46, fig. A'), alors que ceux plus évolués du Barrémien inférieur présentent dans la plupart des cas des cellules basales vestigiales beaucoup plus réduites (Pl. 43, fig. G'-H'). Dans le Valanginien supérieur-Hauterivien, les utricules à cellules basales vestigiales encore bien développées sont seuls présents, alors qu'ils ont disparu dans les populations du Barrémien inférieur où ils peuvent toutefois se trouver mélangés dans certaines coupes (Les Rases) à cause de très importants remaniements affectant les dépôts de l'Hauterivien [Martin-Closas, 1989 : Pl. 11, fig. 8] avec un type dominant à cellules basales vestigiales réduites à l'état de filaments linéaires [Martin-Closas, 1989 : Pl. 11, fig. 10 ; Schudack, 1989 : Pl. 2, fig. 7 à 11, 1993 : Pl. 14, fig. 17 à 20, échantillon Galve II]. En revanche, la taille ainsi que la morphologie générale des formes primitives et évoluées de *G. mutabilis* ne varient pas de façon significative entre le Valanginien supérieur-Hauterivien et le Barrémien inférieur. Seul le critère basé sur le degré de développement des cellules basales vestigiales au niveau d'une population d'utricules permet de distinguer clairement une appartenance aux Cénozones continentales M7a ou M7b. Enfin, il faut signaler que l'état de conservation des formes primitives du Valanginien supérieur-Hauterivien est souvent médiocre (usure, fragmentation, perforations) du fait des influences marines très accentuées impliquant un remaniement important des sédiments dans les milieux côtiers marginaux-littoraux de cette période.

Dimensions : longueur = 800 à 1150 µm ; largeur = 650 à 1000 µm.

Attribution stratigraphique et répartition géographique : faciès émergifs du Valanginien supérieur-Hauterivien (formes primitives à cellules basales

vestigiales réduites) et du Barrémien inférieur (formes évoluées à cellules basales très réduites et filamenteuses) du NE de l'Espagne (Maestrazgo) d'après Mojon [1996, ce travail].

Globator trochiliscoides GRAMBAST, 1966

Planches 46 (fig. B à E-E') et 47 (fig. F à I),
fig. 95 (35 à 39)

1966a– *Globator trochiliscoides* n. gen., n. sp. ;
Grambast, p. 1929 à 1932, fig. 1 à 3.

1966b– *Globator trochiliscoides* GRAMBAST ;
Grambast, p. 2208-2209, pl. 3, fig. 6 à 10.

2002 – *Globator trochiliscoides* GRAMBAST, 1966 ;
Mojon, p. 38 et 43, fig. 4 (35 à 39).

Description : espèce la plus évoluée de la lignée des *Hemiglobator-Globator* avec des utricules globuleux et torsadés très typiques, ovoïdes à sphériques, de grande taille (950-1400 x 750-1150 µm), présentant 15 cellules allongées fines et très fortement spiralées.

Attribution stratigraphique et répartition géographique : espèce très abondante dans les faciès émergifs de type wealdien de l'intervalle Barrémien supérieur - Aptien inférieur (Bédoulien) du domaine téthysien de l'Europe occidentale [S.-E. de la France : Mojon, 1988b ; Espagne : Grambast, 1966a, 1966b ; Martin-Closas et Grambast-Fessard, 1986 ; Martin-Closas, 1989 ; Portugal : Rey et Ramalho, 1974] et de l'Afrique du Nord [Maroc : Andreu *et al.*, 1988].

2.2. Genres *Dictyoclavator* et *Favargerella* (Clavatoracées, Charophytes)

Sous-famille *DICTYOCLAVATOROIDEAE* WANG & LU, 1982
Genre *Dictyoclavator* GRAMBAST, 1966b

Dictyoclavator neocomiensis MOJON, 1989

Planche 17, fig. A à E

1989c– *Dictyoclavator neocomiensis* n. sp. ; Mojon, p.
487 à 490, Planche, fig. A à E.

Matériel étudié : plusieurs centaines d'utricules de la partie inférieure de la Formation de Pierre-Châtel (Unité Inférieure Oolithique, Berriasien moyen) du Jura suisse occidental.

Diagnose : une espèce du genre *Dictyoclavator*, qui se caractérise par des utricules ellipsoïdes-oblongs de grande taille et une réticulation polygonale externe d'aspect fortement cunéiforme.

Description : grands utricules allongés, plus ellipsoïdes et oblongs que globuleux par aplatissement latéral. Les utricules présentent sur un côté (face proximale) une symétrie bilatérale apparente, soulignée par un long sillon vertical s'étendant de la base à l'extrémité apicale, qui est souvent étirée en un fort bec. La surface des utricules est réticulée en un réseau de cellules polygonales en général irrégulièrement disposées, dont les plus grandes sont allongées-anguleuses (face distale) alors que les plus petites et les moins nombreuses sont isodiamétriques-arrondies (face proximale). Sur la face distale des utricules, l'aspect désordonné de la réticulation est toutefois interrompu par l'arrangement en rosette de certaines cellules. Enfin, la paroi des utricules est épaisse et forme une seule couche massive calcitique, dont la structure est homogène et non pourvue de canaux.

Dimensions : longueur = 1100 à 1300 µm, largeur = 700 à 900 µm.

Attribution stratigraphique et répartition géographique : faciès émergifs du Berriasien moyen (Cénozone continentale M4) du Jura suisse occidental (Jura central) d'après Mojon [1989c].

Remarques : le sillon médian de la face proximale des utricules de *Dictyoclavator* a été interprété comme un sillon de déhiscence, car ces utricules ne présentent pas de pore apical germinatif à maturité [Mojon, 1989c]. D'autre part, ce sillon médian peut être aussi considéré comme la trace du phylloïde principal portant les utricules [Martin-Closas, 1996 ; fig. 76], qui marque effectivement une vague symétrie bilatérale. Toutefois, cette symétrie n'est qu'apparente puisque sur le côté opposé au sillon médian (face distale) les arrangements en rosettes (groupes rayonnants) de cellules utriculaires regroupant jusqu'à 9 cellules présentent une répartition décentrée et désordonnée. Ainsi, ce sillon médian de déhiscence correspond bien à l'empreinte d'un axe principal, car il peut présenter un développement incomplet selon le degré de maturation des utricules. Mais, la symétrie bilatérale qu'il est censé induire est relictuelle et virtuelle, car il n'est pas possible de la mettre clairement en évidence vu la répartition anarchique des groupes rayonnants de cellules utriculaires.

Sous-famille *CLAVATOROIDEAE* PIA, 1927
emend. GRAMBAST, 1969

Genre *FAVARGERELLA* MOJON, 1996

Remarques : la première description des caractères structuraux et des affinités évolutives des *Favargerella* établie par Mojon [1996] nécessite quelques utiles précisions et il faut rectifier ainsi (p. 78, 1^{er} paragraphe) : "les *Embergerella* ne possèdent pas de couche interne noduleuse aussi bien développée que chez les

Favargerella et mériteraient d'être rapprochées des *Atopocharoideae* au sein d'un ensemble d'aspect échinocharoïde pour lequel une symétrie d'ordre 4 (*E. cruciata*) devrait exceptionnellement être admise". Ces deux remarques relatives à la présence d'une couche interne noduleuse mise en évidence chez les *Clavatoroideae* par Grambast [1969] et à un aspect échinocharoïde sont inspirés d'un nouveau schéma évolutif des Clavatoracées (ce travail, fig. 79) partant de l'hypothèse de gyrogonites tuniquées de type "nodosoclavatoroïde" apparaissant chez certaines *Echinocharoideae*, une sous-famille à l'origine de toutes les autres Clavatoracées.

Favargerella lata (MARTIN-CLOSAS, 1996)
MOJON, 1996

Planche 44, fig. F-G

1989 – *Ascidiella stellata* var. *lata* nov. var. ; Martin-Closas, p. 282-283, pl. 8, fig. 4-8.

1996 – *Ascidiella stellata* var. *lata* nov. var. ; Martin-Closas, p. 282-283, fig. 14, 4-8.

1996 – *Favargerella lata** (MARTIN-CLOSAS, 1989) n. comb. ; Mojon, p. 77, pl. 3, fig. 1F-G.

* Pour cette dernière espèce, la référence à la thèse de Martin-Closas [1989] n'est pas valable car celle-ci ne correspond pas à une publication au sens des exigences du Code international de la nomenclature botanique [1988].

Favargerella stellata (MARTIN-CLOSAS & GRAMBAST-FESSARD, 1986) MOJON, 1996

Planche 45, fig. A à H

1986 – *Embergerella stellata* nov. spec. ; MARTIN-CLOSAS & GRAMBAST-FESSARD, p. 31-33, pl. 7, fig. 7-9.

1989 – *Ascidiella stellata* (MARTIN-CLOSAS & GRAMBAST-FESSARD, 1986) nov. comb. ; Martin-Closas, p. 281, pl. 8, fig. 1-3.

1996 – *Favargerella stellata* (MARTIN-CLOSAS & GRAMBAST-FESSARD 1986) n. comb. ; Mojon, p. 77-78, pl. 3, fig. 2A à H.

Matériel étudié : un rameau fertile immature exceptionnellement conservé (Planche 45) et plusieurs dizaines d'autres rameaux et d'utricules du Nord-Est de l'Espagne (Maestrazgo).

Diagnose : utricules disposés linéairement sur des rameaux fertiles du thalle, à couche interne noduleuse et à symétrie bilatérale caractéristique des *Clavatoroideae*. Couche externe formée de (4)-5 empreintes verticillées

d'aspect étoilé, constituées chacune de 6 à 7 cellules pétaloïdes et aplatis disposées en rosette, qui rayonnent en s'élargissant à partir d'une petite cellule circulaire marquant le centre de chaque verticille. Sur les utricules isolés parvenus à maturité, les deux principales empreintes verticillées sont opposées et forment des expansions latérales "en boucliers" définissant une symétrie bilatérale bien apparente au-dessus de l'axe principal du rameau portant les utricules. Trois autres empreintes verticillées plus petites et inégalement développées sont disposées de chaque côté et au-dessous des utricules mûrs, en position médiane pour deux d'entre-elles et ventrale pour la troisième qui est aussi la plus réduite.

Description : la diagnose et la description originales de *Favargerella stellata* données par Martin-Closas et Grambast-Fessard [1986] et étendues à *Favargerella lata* par Martin-Closas [1989] font bien ressortir l'aspect étoilé des utricules du genre *Favargerella*.

Ces utricules sont oblongs-allongés et d'une taille très variable, en particulier pour *Favargerella stellata*, avec une longueur de 650 à 820 µm, une largeur de 350 à 580 µm et une épaisseur de 400 à 540 µm. Ces dimensions variables ne constituent pas un critère de différenciation spécifique et résultent d'une croissance inégale des utricules en fonction de leur position distale ou proximale (par rapport à l'axe principal du thalle) sur les rameaux fertiles. Les utricules de *Favargerella stellata* présentent un aspect plus fin et une taille plus faible que ceux de *Favargerella lata* en constituant très souvent des rameaux fertiles encore immatures, ce qui n'est jamais le cas chez *Favargerella lata*.

Les utricules du genre *Favargerella* sont issus du bourgeonnement et de l'accroissement de noeuds fertiles à disposition linéaire d'après les deux attaches cicatricielles très bien visibles sur chaque utricule isolé (flèches latérales : Pl. 44, fig. F). À maturité, la calcification des utricules devait entraîner une certaine rigidité des rameaux fertiles et leur dislocation en fonction de l'agitation des eaux, permettant ainsi la libération et la dissémination des utricules.

Comme c'est la règle chez les Clavatoracées, les gyrogonites internes des utricules de *Favargerella* sont constituées de 5 cellules spiralées sénestres et non calcifiées. La plaque basale de ces gyrogonites n'a pas été observée et il n'est pas possible de préciser si celle-ci est simple (indivise) ou composée (bipartite).

Les utricules du genre *Favargerella* sont massifs et compacts, et ne présentent aucune trace de pores secondaires ou de canaux internes comme l'ont affirmé Martin-Closas et Grambast-Fessard [1986]. En effet, la couche externe de ces utricules est constituée par la contraction autour d'une gyrogonite tuniquée à surface noduleuse de (4) à 5 verticilles simples et non ramifiés de rameaux courts et aplatis (phylloïdes). Les traces de perforations correspondent en fait aux zones cicatricielles d'attache avec le rameau principal portant les utricules (flèches latérales : Pl. 44, fig. F-G). De même,

la partie centrale des empreintes verticillées ne représente en aucune manière un pore germinatif, celui-ci se trouvant en réalité au sommet de chaque utricule, entre les expansions latérales "en boucliers" formées par les deux principales empreintes verticillées, à l'emplacement qui correspond à l'extrémité apicale d'une enveloppe interne noduleuse en forme d'urne ou de bouteille comparable à celle de *Hemiclavator adnatus* (Pl. 44, fig. H). Ces caractères particuliers n'ont donc rien à voir avec ceux des *Embergerella* dont la paroi des utricules ne présente pas de couche interne noduleuse aussi développée que chez les *Favargerella* et est constituée par la contraction autour d'une gyrogonite centrale de 3 (*E. triquetra*) à 4 (*E. cruciata*) verticilles composés et ramifiés de phylloïdes cylindriques, qui forment en vue externe les pores secondaires correspondant aux canaux internes (ou "lumières" cellulaires) visibles en section. Une telle configuration des utricules est comparable à celle des *Perimneste* et à ce propos, les *Embergerella* mériteraient d'être rapprochées des *Atopocharoideae* au sein d'un ensemble d'aspect échinocharoïde pour lequel une symétrie d'ordre 4 (*E. cruciata*) devrait être exceptionnellement admise. De même, le genre *Favargerella* diffère nettement des *Ascidiella*, dont les utricules de forme arrondie-globuleuse sont de taille beaucoup plus importante et présentent une structure externe nettement plus complexe formée d'une multitude de petites empreintes verticillées irrégulières. Enfin, il faut souligner ici que dans le cas des genres *Embergerella* et *Ascidiella*, la position des utricules sur les thalles n'est pas connue.

Pour être concis, les bons arguments pour différencier les genres *Embergerella* et *Favargerella* se basent sur les caractères suivants des utricules :

1. Chez *Favargerella*, disposition circulaire des verticilles étoilés formés chacun d'un nombre réduit d'éléments cellulaires aplatis et élargis dits "pétaloïdes" (phylloïdes).
2. Chez *Embergerella*, les verticilles de phylloïdes sont disposés selon des axes de symétrie d'ordre 4 (*E. cruciata*) ou d'ordre 3 (*E. triquetra*) et sont constitués d'éléments cellulaires cylindriques beaucoup plus fins et plus nombreux.

L'aspect extérieur du "rameau fertile" attribué par Mojon [1996] au nouveau genre *Favargerella* est indiscutablement à rapprocher par sa configuration des fructifications (utricules) de *F. stellata* et par conséquent aussi de celles de *F. lata*, le genre particulier *Ascidiella* (*A. iberica*, *A. inflata*, *A. reticulata*, *A. irregularis*) ayant été distingué comme nettement différent.

Toutefois, la création sur la base de ce rameau considéré comme un axe végétatif d'une nouvelle espèce *Favargerella aquavivae* par Martin-Closas et Salas [1998] ne se justifie pas à notre avis. En effet, les thalles et les fructifications de l'espèce *F. aquavivae* pourtant assez abondants n'ont curieusement encore jamais été identifiés comme des structures nouvelles

jusqu'à présent, ce qui apparaît comme étrange et illogique vu les connaissances récentes très approfondies et complètes concernant les Charophytes du Crétacé inférieur du NE de l'Espagne. De plus, les thalles des *Clavatoracées* présentent en section transversale une cortication bien visible [*Clavator reidi* dans Mojon et Strasser, 1987 ; *Flabellochara grovesi* de la figure 74 de ce travail], ce qui n'est absolument pas le cas sur le rameau en vue transversale figuré dans Mojon [1996 ; Pl. 45, fig. E]. Mais à juste titre, seule la réalisation de sections orientées en lame-mince dans les nœuds circulaires étoilés constituant de tels rameaux permettrait de déceler une couche interne noduleuse caractérisant bien des utricules. En ce sens, la question de savoir si ces rameaux attribués à *Favargerella stellata* constituent des structures végétatives ou reproductrices reste donc en suspens dans l'attente de données nouvelles et formelles.

Attribution stratigraphique et répartition géographique : faciès émergifs du Crétacé inférieur du domaine téthysien de l'Europe occidentale. Dans le N.-E. de l'Espagne (Maestrazgo), *Favargerella stellata* est un taxon couramment répandu dans l'intervalle Berriasien terminal (Cénozone M5b) - Barrémien inférieur (Cénozone M7b), alors que *Favargerella lata* caractérise le Barrémien supérieur (Cénozone M8a) et le Bédoulien (Cénozone M8b).

Remarques (rapports et différences) : les termes de variétés utilisés par Martin-Closas [1989] et Martin-Closas et Salas [1994] pour nommer les taxons du genre *Favargerella* pourraient se rapporter à des sous-espèces à connotation aussi bien écophénotypique qu'évolutive. C'est pourquoi, cette terminologie peu claire a été modifiée car les faits démontrent que ces taxons ne correspondent pas à des écotypes dépendant de conditions paléoécologiques particulières, mais plutôt à des espèces bien distinctes morphologiquement qui se succèdent dans le temps et résultent pour ces raisons d'un processus évolutif indubitable.

Dans le genre *Favargerella*, la couche interne noduleuse des utricules est typique des *Clavatoroideae* et indique une certaine parenté avec les genres *Nodosoclavator*, *Clavator*, *Clypeator*, *Flabellochara*, *Hemiclavator*, *Pseudoglobator* et *Ascidiella*. La disposition linéaire des utricules sur des rameaux fertiles comparable à celle des *Clavator* et des *Flabellochara* constitue un caractère évolué par rapport à la disposition circulaire des *Echinochara* du Malm ou de *Hemiclavator adnatus* de l'intervalle Valanginien-Barrémien [Martin-Closas, 1989, 1996]. Au sujet de cette dernière remarque, les utricules isolés et cassés de *Favargerella stellata* à aspect noduleux (couche interne) dits "nodosoclavatoroïdes" ne présentent aucune structure cellulaire d'attache au thalle comme c'est le cas chez *Hemiclavator adnatus*. Par contre, la disposition "en boucliers latéraux" et la configuration en rosette des empreintes verticillées externes ainsi que la disposition linéaire des utricules du genre *Favargerella*

constituent un ensemble remarquable de caractères convergents avec la lignée phylogénétique des *Clypeator-Flabellochara*.

D'après les considérations ci-dessus, on peut envisager pour l'utricule de *Favargerella* une origine probable dès le Berriasien terminal (Cénozone M5b) à partir d'un verticille de 6 utricules du type de ceux de *Hemiclavator adnatus*, dont un seul parvient à maturité (les autres étant abortifs et représentés chacun par un empreinte verticillée surnuméraire) et dont la croissance entraîne une dissymétrie progressive de l'utricule avec le développement préférentiel des deux principales empreintes verticillées "en boucliers". Une autre possibilité serait la redifférenciation du genre *Favargerella* à partir de certaines populations de *Flabellochara harrisi* dont les utricules présentent couramment une régression importante voire presque complète de leur enveloppe externe.

2.3. Ostracodes des genres *Cypridea* et *Septacandona* (laguno-lacustres) et *Cythereis* (marins)

Phylum ARTHROPODA SIEBOLD & STANNIUS, 1845

Classe CRUSTACEA PENNANT, 1777

Sous-Classe OSTRACODA LATREILLE, 1806

Ordre PODOCOPIDA MÜLLER, 1894

Sous-Ordre PODOCOPINA SARS, 1866

Super-famille CYPRIDACEA BAIRD, 1845

Famille ILYOCYPRIDIDAE KAUFMANN, 1900

Sous-famille CYPRIDEINAE MARTIN, 1940

Genre CYPRIDEA BOSQUET, 1852

Cypridea tuberculata oertlii MOJON, 1989

Planche 21, fig. D-E-F

1989 – *Cypridea tuberculata oertliana** n. ssp. ; MOJON in Détraz et Mojon, p. 65 à 67, fig. 10D à 10F.

* Correction automatique du nom selon le Code international de nomenclature zoologique de 1961 (article 31, remarque (a), p. 32-33 ; appendice DIII, recommandation 16 (a), p. 106).

Matériel étudié : une soixantaine de carapaces du sommet du Purbeckien du Jura français central.

Diagnose : un taxon du genre *Cypridea*, qui s'apparente d'après son ornementation et ses dimensions à *Cypridea tuberculata langtonensis* ANDERSON, 1971 du Middle Purbeck anglais, mais s'en distingue par un contour beaucoup plus allongé et rectangulaire.

Description : carapace de forme très allongée et à contour quadrangulaire, à flancs bombés remarqua-

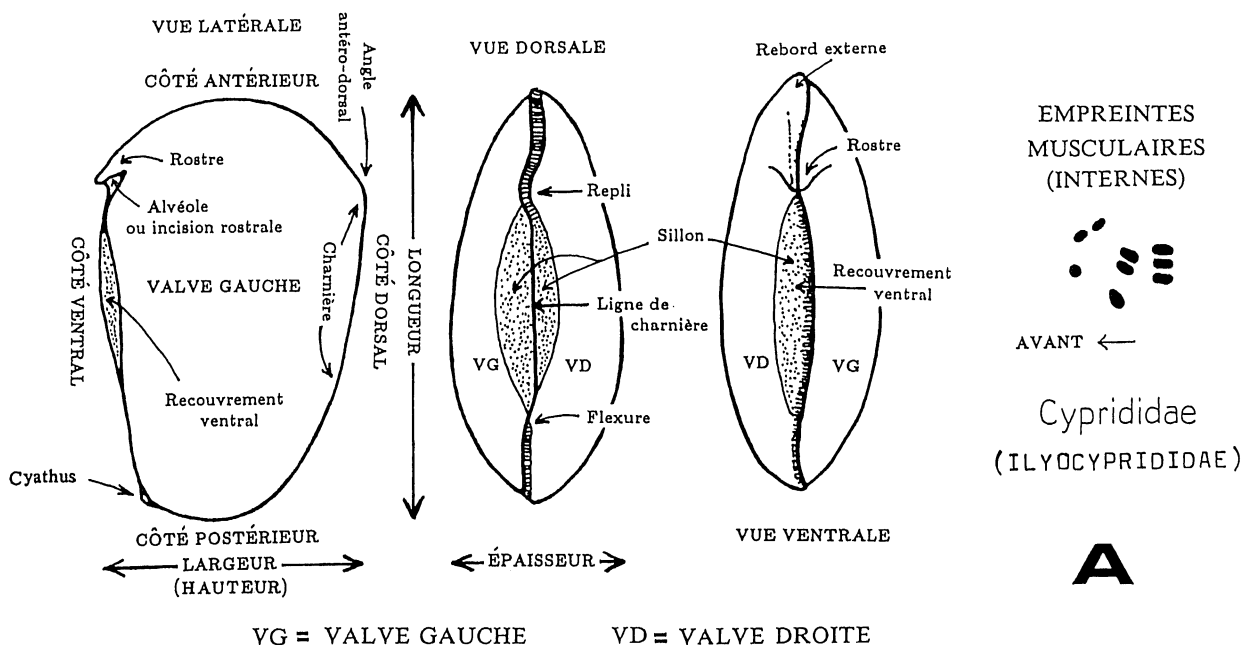
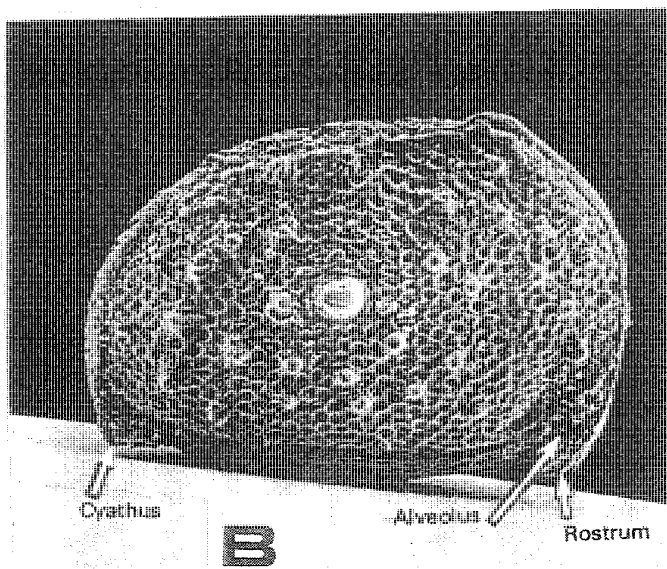


FIG. 64. – *Cypridea* sp. (Ostracodes laguno-lacustres). A : représentation schématique de la carapace en vue externe avec les principaux termes descriptifs en usage [redessiné d'après Anderson, 1939] ; morphologie interne peu importante : charnière adonte (type primitif) et empreintes musculaires. B : caractères morphologiques principaux selon F.W. Anderson. D'après Sohn [1979].

blement ornementés par des tubercules épineux, avec un angle antéro-dorsal prononcé. Le bord antérieur de la carapace est plus arrondi que le bord postérieur et celui-ci forme un angle presque droit avec la marge dorsale, qui le rejoint en s'abaissant régulièrement vers l'arrière. Le côté ventral est large, avec une marge rectiligne. Le rostre est court mais bien développé, large et aplati. L'alvéole est représentée par un long sillon légèrement incurvé et peu profond. Le cyathus, situé en position postéro-ventrale, est petit et cupuliforme. L'ornementation de la carapace est constituée par de nombreux et forts tubercules, qui sont relativement petits à la partie antérieure mais deviennent plus gros et plus longs dans la région postérieure. De plus, la surface de la carapace est couverte, entre les tubercules et à l'exception de l'aire alvéolaire, par un réseau régulier de fortes ponctuations. Enfin, la carapace est presque équivalente, avec une valve gauche toutefois un peu plus grande que la valve droite.

Dimensions : longueur = 1100 à 1250 µm, hauteur (largeur) = 550 à 650 µm, épaisseur = 350 à 400 µm.

Attribution stratigraphique et répartition géographique : passage Berriasien inférieur terminal-Berriasien moyen basal (Cénozone continentale M3), ce taxon semble endémique et n'a été récolté qu'au sommet du Purbeckien du Jura français central [Détraz et Mojon, 1989].



Cypridea mirabilis MOJON, 1989

Planche 21, fig. J-K-L-M

1989d *Cypridea mirabilis* n. sp. ; Mojon, p. 505-506, Planche, fig. C-D-E-F.

Matériel étudié : une centaine de carapaces du Purbeckien du Jura franco-suisse.

Diagnose : une espèce du genre *Cypridea* qui se distingue par son aspect inverse-lisse-triangulaire très caractéristique.

Description : carapace inverse de taille moyenne, aplatie et allongée, à contour nettement triangulaire. La marge dorsale est fortement inclinée vers l'arrière et s'abaisse en s'incurvant légèrement. Le point le plus élevé est situé sur l'expansion proéminente en "aile" de la valve droite, qui se développe sur le 2^e quart de la

longueur et forme un important angle antéro-dorsal variant entre 105° et 115°. Le bord ventral de la valve droite est nettement convexe et dépasse largement celui plus rectiligne de la valve gauche. La partie antérieure de la carapace est très arrondie, avec un rostre fortement recourbé vers l'arrière et particulièrement bien développé sur la valve droite où il est large et massif avec un bord renflé formant une protubérance. De même, l'alvéole est beaucoup plus apparente sur la valve droite où elle se marque par un large et profond sillon. L'allongement postérieur de la valve droite est important et se traduit par une expansion caudale "en épine". Le cyathus, très petit, est placé en position postéro-ventrale près de l'extrémité de l'"épine" caudale. La surface des valves est finement ponctuée et presque lisse. Enfin, l'inversion de la taille des valves est très nette, la valve droite étant beaucoup plus grande que la valve gauche.

Dimensions : longueur = 800 à 1000 µm, hauteur (largeur) = 500 à 650 µm.

Attribution stratigraphique et répartition géographique : Berriasien inférieur (Cénozones continentales M1a et M1b), partie plutôt inférieure du Purbeckien du Jura franco-suisse [Mojon, 1989d].

Cypridea gigantissima MOJON, 1990

Planche 48, fig. A à H

1990 – *Cypridea gigantissima* n. sp. ; MOJON in Mojon et Médus, p. 441, 444 à 447, Planche, fig. A à H.

Matériel étudié : une cinquantaine de carapaces du Barrémo-Bédoulien de Chartreuse occidentale et du NE de l'Espagne.

Diagnose : une remarquable espèce inverse et géante, qui représente le plus grand taxon actuellement connu dans le genre *Cypridea*.

Description : en vue latérale, la carapace est de forme oblongue-allongée, les deux valves présentant des bords dorsaux et ventraux subparallèles, ainsi que des bords antérieurs et postérieurs largement arrondis. Le bord dorsal des valves forme un angle antérieur bien développé dont l'extrémité située au premier quart de leur longueur marque la hauteur maximale de la carapace, puis s'incurve légèrement avant de s'abaisser vers l'arrière en s'arrondissant. La marge ventrale est rectiligne sur la valve gauche, alors que sur la valve droite celle-ci est très légèrement concave dans sa partie médiane avant de se courber régulièrement vers l'arrière. La partie antérieure des valves présente un bord circulaire qui s'incline fortement et s'aplatit au-dessus de leur mi-hauteur. Le bord postérieur de la carapace est faiblement disymétrique, avec une partie postéro-ventrale plus allongée et une extrémité

postérieure située un peu au-dessous de la ligne médiane des valves.

Le rostre, bien arrondi et recourbé, est petit et forme un court bec trapu qui ne dépasse pas la marge ventrale de la carapace. L'alvéole ou incision rostrale se réduit sur la valve droite à un léger sillon atteignant le tiers de sa hauteur, mais est beaucoup plus apparente sur la valve gauche en formant dans le premier quart de sa hauteur une large et profonde dépression. Le cyathus, cupuliforme et peu développé, est très petit et situé en position postéro-ventrale sur la valve droite. La surface des valves est normalement fortement ponctuée. Exceptionnellement, présence de quelques très petits tubercules (= hypercalcification) sur certaines carapaces particulièrement bien conservées (ici à l'avant de la valve gauche, Pl. 48, fig. A).

Enfin, la carapace est largement inéquivalve, avec une valve droite beaucoup plus grande que la valve gauche dont elle dépasse distinctement sur la ligne de contour commune. En vue dorsale ou ventrale, les valves sont fortement convexes et nettement bombées en forme de lentille, la plus grande épaisseur étant située postérieurement peu après le milieu de la carapace. Aux extrémités antérieure et postérieure comme sur les bords dorsal et ventral, la valve droite plus grande dépasse nettement la valve gauche. Depuis l'angle dorsal antérieur jusqu'au début de la courbure du bord postérieur, la commissure des valves forme un étroit et profond sillon, alors que le côté ventral est très élargi et légèrement concave dans sa partie médiane.

Dimensions : longueur = 1700 à 2000 µm, hauteur (largeur) = 900 à 1200 µm, épaisseur = 700 à 800 µm.

Attribution stratigraphique et répartition géographique : Barrémien terminal-Aptien inférieur (Bédoulien), faciès urgoniens de Chartreuse occidentale (Chaînes subalpines septentrionales du SE de la France) et faciès wealdiens du NE de l'Espagne [Mojon et Médus, 1990 ; Mojon, 1996].

Famille *CANDONIDAE* KAUFMANN, 1900

Sous-famille *CANDONINAE* KAUFMANN, 1900

Genre *SEPTACANDONA* CABRAL & COLIN, 2002

Septacandona eocretacea (MOJON, 1989)

Planche 30, fig. H1 à H5

1989d – *Cetacella eocretacea* n. sp. ; Mojon, p. 502 à 505, Planche, fig. A-B.

2002 – *Septacandona eocretacea* (MOJON, 1989) n. comb. ; Cabral et Colin, p. 74.

Matériel étudié : plusieurs dizaines de carapaces du Purbeckien du Jura franco-suisse.

Diagnose : une nouvelle espèce du genre *Septacandona*, qui se caractérise par le contour nettement trapézoïdal

de la carapace et l'ornementation méandrique de la surface des valves, constituée par de larges sillons réticulés et subparallèles séparés par de fines côtes sinueuses.

Description : carapace de petite taille et aplatie, dont le contour trapézoïdal est souligné par les expansions presque équilatérales et symétriques des extrémités antérieures et postérieures des valves. Le bord postérieur de la carapace se distingue toutefois de l'antérieur par son élargissement plus apparent. La marge ventrale est presque droite et beaucoup plus allongée que le bord dorsal convexe. Le point le plus élevé de la carapace est situé paradoxalement en position médiane sur la marge dorsale très arrondie de la valve droite, qui dépasse sur un court intervalle le bord opposé de la valve gauche puis s'abaisse latéralement de chaque côté en s'incurvant plus fortement. En vue dorsale, la commissure entre les valves est parfaitement rectiligne et le contour de la carapace est très régulièrement fusiforme-allongé d'après l'épaisseur réduite et les flancs légèrement bombés des valves.

La surface des valves présente une réticulation en mailles plus ou moins régulières et isodiamétriques, disposées horizontalement en files subparallèles séparées les unes des autres par de fines côtes sinueuses. Cette réticulation est bien développée sur la partie médiane des valves où sa configuration est méandrique, mais s'atténue progressivement sur les bords latéraux de la carapace en prenant une disposition concentrique. La valve gauche est nettement plus grande que la valve droite. Pas de dimorphisme sexuel apparent. Enfin, les caractères internes (charnière et empreintes musculaires) de la fragile carapace de *Septacandona eocretacea* n'ont pas pu être observés en raison de la minceur et de la trop grande fragmentation des valves isolées.

Dimensions : longueur = 450 à 550 µm, hauteur (largeur) = 300 à 350 µm.

Attribution stratigraphique et répartition géographique : Berriasien inférieur (Cénôzones continentales M1b, M2, M3), Purbeckien du Jura franco-suisse [Mojon, 1989d].

Super-Famille *CYTHERACEA* BAIRD, 1850

Famille *CYTHERIDAE* BAIRD, 1850

Sous-Famille *TRACHYLEBERIDINAE* SYLVESTER-BRADLEY, 1948

Genre *Cythereis* JONES, 1849

Cythereis donzei MOJON, 1999

Planche 35, fig. A à H

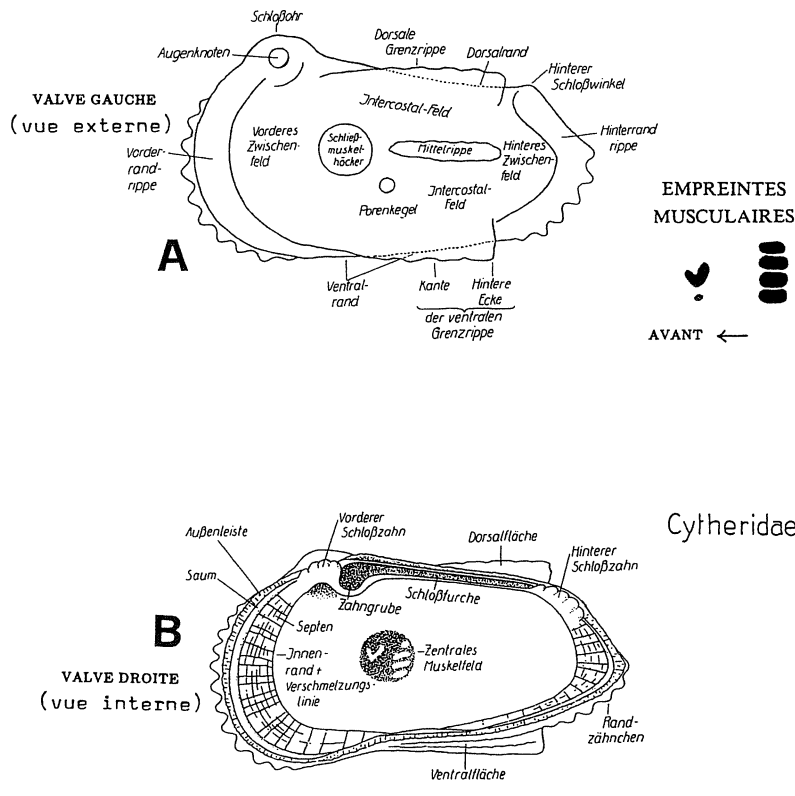
1999 – *Cythereis donzei* n. sp. ; Mojon, p. 10 à 13, Planche, fig. A à H.

Matériel étudié : plusieurs dizaines de carapaces du Berriasien supérieur du Jura, des Chaînes subalpines septentrionales (Chartreuse occidentale) et de Provence.

Diagnose : une espèce du genre *Cythereis*, révisé par Gründel [1973] et discuté par Damotte [1976], présentant les caractères suivants : carapaces d'aspect trapu, à bords subparallèles et à extrémités nettement arrondies. "Oreille" antérieure circulaire de grande taille. Tubercule musculaire saillant et bien visible dans la partie centrale des valves. L'ornementation est principalement réticulée, avec cependant une costulation comprenant une côte médio-postérieure épaissie ainsi que des expansions ou "ailes" latérales relativement bien développées sur chacune des valves de la carapace en constituant une grande "aile" ventrale et une petite "aile" dorsale. Ces caractères morphologiques indiquent une espèce encore primitive du genre *Cythereis*.

Description : Espèce à dimorphisme sexuel très apparent. Carapaces massives, épaisses et plus ou moins allongées. Valve gauche (VG) plus grande que la valve droite (VD). Bords dorsal et ventral relativement parallèles entre eux. Extrémité antérieure ronde et extrémité postérieure le plus souvent arrondie, parfois faiblement biseautée. La partie antérieure des valves est circulaire et forme une grande "oreille" légèrement asymétrique et presque hémisphérique, qui est faiblement étirée vers le haut pour constituer un angle antéro-dorsal à peine marqué. Sur la valve gauche, on aperçoit parfois en cas de bonne conservation une petite protubérance oculaire au sommet de l' "oreille". Sur la valve droite, l' "oreille" présente une étroite bordure constituée d'un repli très prononcé formant un épaississement important, alors que sur la valve gauche celui-ci existe également en étant toutefois beaucoup plus atténué. L' "oreille" forme une carène saillante sur tout son pourtour ainsi que dans la zone de sa jonction avec les bords dorsal et ventral, sur respectivement la moitié (côté dorsal) et le tiers (côté ventral) de la longueur des valves.

La partie postérieure des valves est peu amincie et se rétrécit parfois à son extrémité pour générer un angle discret à peu près à la mi-hauteur de la carapace. Les flancs des valves sont bombés et s'évasent vers le bas en formant de chaque côté une côte majeure ou une expansion latérale dite "aile" postéro-ventrale pointant vers l'arrière, qui chez les ♀ se dilate et devient proéminente. Le tubercule musculaire est bien marqué sur chacune des valves. L'ornementation de la surface des valves est réticulée et comprend une costulation horizontale très simple. Sur la partie arrière du flanc des valves, présence d'une côte médiane longitudinale soulignée par une réticulation à renforts horizontaux. Cette côte médiane épaissie s'étend sur environ 1/3 de la longueur des valves et prend naissance à l'arrière du tubercule musculaire pour se terminer avant l'extrémité des valves, au 4/5^e environ de leur longueur où elle se trouve arrêtée par une réticulation à renforts verticaux



Augenknollen : tubercule oculaire
 Aussenleiste : rebord externe
 Dorsale Grenzrippe : côte marginale dorsale
 Dorsalfäche : face dorsale
 Dorsalrand : marge ou bord dorsal
 Hintere Ecke : angle postérieur
 Hinterer Schloßzahn : dent postérieure de fermeture
 Hinterer Schloßwinkel : coin postérieur (emplacement de la dent postérieure de fermeture)
 Hinteres Zwischenfeld : champ intermédiaire arrière (postérieur)
 Hinterrand-rippe : côte marginale postérieure
 Innenrand : bord interne
 Intercoastal-Feld : champ intercostal
 Kante : arête
 Mittlerippe : côte médiane
 Porenkegel : canal de pore
 Randzähnen : denticulation ou crénulation marginale
 Saum : repli
 Septen : septes
 Schliessmuskelhöcker : nodosité musculaire
 Schloßfurchen : sillons de fermeture
 Schloßbohr : "oreille" (emplacement de la dent antérieure de fermeture)
 Ventrale Grenzrippe : côte marginale ventrale
 Ventralrand : marge ou bord ventral
 Ventralfläche : face ventrale
 Verschmelzungslinie : ligne de concrétion
 Vorderer Schloßzahn : dent antérieure de fermeture
 Vorderes Zwischenfeld : champ intermédiaire antérieur
 Vorderrand-rippe : côte marginale antérieure
 Zahngrube : fossette dentaire
 Zentrales Muskelfeld : empreinte musculaire centrale (muscles de fermeture)

Cytheridae

FIG. 65.— *Cythereis* sp. (Ostracodes marins). Représentation schématique des valves de la carapace en vue externe (A) et interne (B), avec les principaux termes descriptifs en usage. D'après Triebel [1940].

Charnière de type amphidonte ou mésodonte. Terminologie descriptive plus détaillée dans Oertli *et al.* [1985].

ainsi que par le bord postérieur de l'"aile" ventrale. Dans la partie médio-dorsale des valves et sur environ la moitié de leur longueur, on observe une troisième côte qui prend naissance à l'avant et juste au-dessus de la protubérance musculaire pour rejoindre obliquement le bord dorsal un peu en arrière de celle-ci en formant vers l'arrière une petite expansion ou "aile" postéro-dorsale.

Dimensions : carapaces ♂ (allongées) : longueur = 920 à 1000 µm, largeur/hauteur = 480 à 520 µm, épaisseur = 400 à 440 µm. Carapaces ♀ (courtes) : longueur = 780 à 840 µm, largeur/hauteur = 480 à 520 µm, épaisseur = 420 à 460 µm.

Paléoécologie : milieux marins margino-littoraux peu profonds de plate-forme interne.

Attribution chronostratigraphique et répartition géographique : Berriasien supérieur (Zone à *Boissieri*) du Sud-Est de la France (Jura et Provence). *Cythereis donzei* possède ainsi une aire de répartition liée à la Téthys nord-occidentale [Mojon, 1999].

Rapports et différences : En comparaison avec des taxons apparentés et plus ou moins contemporains, l'espèce la plus proche de *Cythereis donzei* est *Cythereis*

matura OERTLI, 1966 du Valanginien inférieur du Jura qui présente toutefois des carapaces de plus grande taille à contour nettement anguleux et à ornementation plus accentuée. Chez *C. matura*, l'"oreille" forme un angle antéro-dorsal plus apparent, la partie postérieure des valves est triangulaire et pointue avec une ornementation presque épineuse, alors que les "ailes" ventrales et dorsales ainsi que la côte médiane longitudinale de la partie postérieure des valves sont plus développées.

D'autre part, *Cythereis prisca* DONZE, 1968 de la limite Berriasien/Valanginien du domaine vocontien (Sud-Est de la France) diffère clairement par des carapaces de dimensions plus faibles également à contours anguleux et avec une ornementation particulière des valves (notamment forte costulation et très fine réticulation traduisant une inversion de l'ordre d'importance de ces caractères par rapport à *C. donzei*), ainsi que par un habitat et une répartition liés à des faciès marins plus ouverts et plus profonds.

D'après les remarques ci-dessus, il est donc aisé de distinguer quasiment au premier coup d'œil *C. donzei* des espèces voisines *C. matura* et *C. prisca*. Par contre,

il semble probable qu'une partie au moins des spécimens attribués par Donze [1973b] à *Cythereis* sp. A aff. *matura* puisse correspondre à des morphotypes de *C. donzei* de par leurs caractères morphologiques très similaires ainsi que leur localisation dans les mêmes gisements du Jura méridional et de Provence, qui traduit ainsi une paléoécologie identique.

3.— MODES ÉVOLUTIFS ET MORPHOGÉNÈSE DES CHAROPHYTES (*HEMIGLOBATOR-GLOBATOR*, *CLAVATORACÉES*) ET DES OSTRACODES (GENRES *CYPRIDEA* ET *VALENCYTHERE*) D'IMPORTANCE BIOSTRATIGRAPHIQUE

D'après les données de Martin-Closas et Salas [1988, 1989, 1994, 1998], il faut admettre une spéciation de type allopatrique (géographique) liée à l'apparition locale puis à la migration d'espèces endémiques (dynamique des "équilibres ponctués") par rapport à la phylogénie linéaire des *Hemiglobator-Globator* et la récente biozonation des Charophytes du Crétacé inférieur proposée par Mojon [1996]. Cependant, les observations de Grambast [1974] puis de Mojon [*in* Détraz et Mojon, 1989 ; 1996] démontrent aussi clairement une évolution graduelle de type anagénétique [Eldredge, 1971 ; "evolutionary species" *in* Wiley, 1978], soit une différenciation ou une spéciation progressive à partir d'une souche ancestrale commune en plusieurs taxons se succédant dans le temps et non seulement une évolution de type cladogénétique (où le processus de spéciation est brutal et peut donner naissance à un ou plusieurs taxons nettement différenciés à durée de vie plus ou moins synchrone et concomitante). Ces divers modes d'évolution, clairement expliqués et exposés dans Tintant [1972] et Pomerol *et al.* [1987], s'appliquent donc à la lignée phylogénétique des *Hemiglobator-Globator*. Celle-ci constitue une lignée horotélique et ne possède pas de rameau divergent de type cladogénétique, contrairement aux interprétations de Grambast [1974] et de Martin-Closas et Grambast-Fessard [1986]. Les utricules polymorphes, larges ou allongés, des populations des *Hemiglobator* berriasiens présentent le plus souvent une transformation sélective très lente et progressive des caractères évolutifs morphologiques et structuraux, qui permet de mettre ainsi en évidence de nouveaux taxons hétérochrones d'aspect très proche. Ceux-ci ne diffèrent entre eux que par la proportion relative de leurs caractères évolutifs spécifiques et permettent de compléter le schéma phylétique original de Grambast [1974], basé sur des espèces correspondant à des types morphologiques très différents les uns des autres et dont l'apparition marque chaque fois un "saut" évolutif important.

Dans le Jura, les dépôts émergifs berriasiens du Purbeckien et de la Formation de Vions correspondent à des périodes d'exondation généralisées, qui sont séparées par un épisode transgressif (Formation de Pierre-Châtel). En Europe occidentale, une succession

comparable se retrouve dans le Sud de l'Angleterre (domaine boréal) où les faciès émergifs purbeckiens et wealdiens sont séparés par la transgression des Cinder Beds (faciès lumachelliques). L'exceptionnel développement des faciès émergifs berriasiens du Jura permet de démontrer la continuité de la lignée phylogénétique des *Hemiglobator-Globator*, dont les "sauts" évolutifs sont induits par les deux intervalles transgressifs berriaso-valanginiens correspondant respectivement aux Formations de Pierre-Châtel (Berriasien moyen) et de la Chambotte (Valanginien inférieur). Ainsi, des mutations morphogénétiques importantes et rapides affectent les populations des *Hemiglobator* au sommet des faciès purbeckiens (Berriasien inférieur terminal) et de la Formation de Vions (Berriasien supérieur terminal). Les "sauts" évolutifs de la biozonation de Grambast [1974] au sein des dépôts émergifs de l'intervalle Berriasien-Aptien inférieur de l'Europe occidentale se rapportent donc à d'apparentes lacunes dans les séries laguno-lacustres, qui correspondent à des intervalles transgressifs. L'apparition de nouveaux taxons semble principalement induite par des périodes transgressives, au cours desquelles ont subsisté localement des populations d'organismes laguno-lacustres correspondant à des isolats géographiques. Il peut être établi que certains de ces isolats se sont différenciés par spéciation allopatrique comme dans le cas de *Hemiglobator maillardi* et de l'Ostracode *Cypridea tuberculata oertlii* du Berriasien inférieur terminal [Cénozone continentale M3 correspondant à la "Zone de La Chaux" de Grambast, 1974], qui ne sont connus qu'au sommet du Purbeckien du Jura franco-suisse (espèces endémiques). La possibilité de compléter la biozonation de Grambast [1974] dans le NE de l'Espagne et le SE de la France [Mojon, 1996 ; ce travail] résoud le problème, bien connu en biostratigraphie, des changements de faciès entraînant souvent la disparition de biomarqueurs adaptés à un paléoenvironnement particulier. En effet, selon la loi de Walther [1894], la continuité verticale des faciès sédimentaires est souvent interrompue par une migration latérale progradante ou régressive faisant suite à d'importantes variations relatives du niveau marin.

Une argumentation détaillée et significative doit être évoquée concernant la biozonation des *Hemiglobator-Globator* pour démontrer que les taxons reconnus correspondent bien à différents stades évolutifs d'une même lignée phylogénétique, autorisant ainsi une interprétation phylogénétique et biochronologique précise. Les espèces utilisées pour établir une échelle biostratigraphique de référence ne correspondent en aucune manière à des écophénotypes, dont la morphologie particulière est réversible et résulte de variations temporaires (par ex. saisonnières) d'un ou de plusieurs paramètres écologiques de leur milieu de vie. Une telle option paléontologique, ne permettant de définir que des écozones le plus souvent diachrones, peut être principalement rejetée pour les raisons suivantes :

1. À la différence de certaines Charophytes actuelles (Characées) et fossiles (Porocharacées) des milieux médiolittoraux (chap. 5) tolérant d'importantes variations saisonnières de salinité, responsables chez ces formes de transformations morphologiques écophénotypiques, les *Hemiglobator-Globator* comme la majorité des Charophytes devaient être plutôt dulçaquicoles. Ils n'ont en effet été récoltés en abondance que dans des horizons marneux nettement émergifs à galets noirs ou à spores et pollens, avec des associations multispécifiques de Charophytes comprenant jusqu'à 10 espèces ainsi qu'avec des faunes d'Ostracodes et de Gastéropodes à prédominance de formes considérées comme typiquement lacustres (genres *Cypridea*, *Provalvata* et *Gyraulus*).

2. À moins de remaniements importants, les diverses espèces de *Hemiglobator-Globator* ne coexistent jamais ensembles dans un même horizon lacustre et constituent ainsi des populations distinctes composées de très nombreux individus, dont les caractères morphologiques évolutifs (spiralisation et taille) sont constants dans chaque population étudiée. L'apparition de ces espèces ne peut donc pas être attribuée à des modifications saisonnières ou locales de certains paramètres écologiques de leur milieu de vie. Enfin, bien que ces populations soient chacune localisées dans des niveaux d'âge différent, chaque espèce peut caractériser jusqu'à plusieurs horizons lacustres. Pour la partie supérieure du Purbeckien du Jura en particulier (Couches nymphéennes), ceux-ci ont pu être corrélés avec précision sur l'ensemble de la plate-forme jurassienne.

3. La spéciation anagénétique des *Hemiglobator* correspondant à des transformations morphologiques graduelles peut notamment être mise en évidence grâce aux récurrences successives des faciès lacustres dans le Berriasien émergifs de la plate-forme jurassienne, en particulier dans le Purbeckien du Jura franco-suisse. Là, des transformations morphologiques graduelles très nettes, affectant jusqu'à six populations successives de *Hemiglobator* ont permis d'identifier trois espèces (*H. praecursor*, *H. protoincrassatus*, *H. maillardi*) correspondant chacune à un stade évolutif bien défini. Chaque espèce est caractérisée par une morphologie particulière pouvant se distinguer aisément des stades évolutifs antérieurs ou ultérieurs. De plus, certains caractères évolutifs peuvent subir une régression passagère (homoplasie), comme la spiralisation de *H. protoincrassatus* (M2) qui régresse chez *H. maillardi* (M3) pour réapparaître ensuite sous forme très accentuée chez *H. neocomiensis* (M4). En effet, la résurgence de gènes primitifs chez *H. maillardi* masque ce caractère évolué nouvellement acquis par *H. protoincrassatus*, qui ne se stabilise et ne se fixe à la suite d'un premier "saut" évolutif que chez l'espèce géante et probablement polyploïde *H. neocomiensis*. Dans le N.-E. de l'Espagne (Maestrazgo), un même phénomène d'homoplasie et de polyploïdie concerne le

passage entre *H. steinhauseri* et *H. incrassatus* (espèce géante caractérisant un second "saut" évolutif) dans l'intervalle Berriasien supérieur terminal – Valanginien inférieur. Enfin, au Valanginien supérieur – Hauterivien/Barrémien inférieur, *H. incrassatus* est remplacé par *Globator mutabilis* dont les utricules sont très proches de ceux de *H. steinhauseri* mais en diffèrent cependant par des cellules basales nettement plus réduites dites "vestigiales". Puis, cette dernière espèce se transforme en *Globator trochiliscoides* au Barrémien supérieur – Aptien inférieur (Bédoulien) par disparition totale et définitive des cellules basales.

4. D'autre part, les limites des zones de l'échelle biostratigraphique continentale du Berriasien du Jura, basées sur la spéciation anagénétique et cladogénétique des *Hemiglobator* ainsi que le renouvellement des faunes d'Ostracodes (*Cypridea* et *Valendocythere*), coïncident assez précisément avec les limites isochrones des formations lithologiques berriasiennes [Détraz et Mojon, 1989].

Les limites des formations géologiques et l'apparition de nouvelles formes de Charophytes et d'Ostracodes semblent donc liées aux variations relatives de grande ampleur du niveau marin, qui ont influencé durablement non seulement la sédimentation mais aussi les paramètres écologiques des milieux de dépôt subtidaux peu profonds à supratidaux de la plate-forme jurassienne. Contrairement aux périodes émergives permettant plutôt la prolifération et la dissémination des organismes continentaux, les intervalles transgressifs auraient créé en revanche une situation de "stress" écologique ayant notamment favorisé par forte pression sélective l'évolution rapide et le renouvellement qualitatif des populations de *Hemiglobator* et de *Cypridea* des milieux lagunolacustres. En effet, l'envahissement progressif par la mer des milieux inter- à supratidaux, très rapide à l'échelle du temps géologique, y a certainement entraîné une hausse globale des taux de salinité, qui serait responsable de la spiralisation et de l'accroissement de la taille chez les *Hemiglobator* ainsi que des modifications dans la composition faunique des populations de *Cypridea*. L'influence de facteurs écologiques tels qu'un accroissement minime de salinité ainsi que des apports de matière organique et de silice (cf. chap. 3, § 1.4, p. 50) peut affecter la morphologie des Charophytes [Détraz et Mojon, 1989 ; Mojon, 1989a, 1989b] et des Ostracodes médiolittoraux [Jordan et Bless, 1971 ; Carbonel, 1988 ; Peypouquet, 1979] en induisant non seulement l'apparition de phénotypes particuliers (écophénotypes) mais aussi celle de nouveaux génotypes pouvant constituer des lignées phylogénétiques.

À ce titre, il faut citer trois sous-espèces de *Cypridea* gr. *granulosa* caractérisée chacune par un développement particulier de la tuberculation [Anderson in Anderson et Bazley, 1971] parallèlement à l'apparition de nouvelles espèces chez *Hemiglobator*. Ainsi, la

carapace de *C. granulosa protogranulosa* est très peu ornementée, alors qu'une forte tuberculation apparaît brusquement sur celle de *C. granulosa granulosa* en même temps que la spiralisation de *H. protoincrassatus* au niveau de la Cénozone continentale M2. L'apparition inopinée de ces taxons semble bien dépendre ici d'une transformation soudaine de l'environnement margino-littoral induite par certains paramètres écologiques (hausse de salinité, apports continentaux de composés humiques et de silice) à la suite d'un épisode transgressif mineur très rapide dans la partie sommitale du Purbeckien du Jura probablement causé par un ouragan de très forte amplitude ayant entraîné l'invasion temporaire par la mer des lagunes côtières et le lessivage des terres émergées avoisinantes (cf. chap. 10, § 2.1). Cet événement d'origine climatique est le prémice de la transgression générale du Berriasien moyen durant laquelle vont se différencier, au niveau de la Cénozone continentale M4, *H. neocomiensis* à utricules volumineux et fortement spiralés ainsi que *C. granulosa fasciculata* à gros tubercules répartis en deux groupes à l'avant et à l'arrière de chaque valve de la carapace. Ces deux exemples sont particulièrement frappants et coïncident avec la présence de débris de coquilles flottées et transportées d'Ammonites au sommet du Purbeckien (Zone à *Jacobi-Grandis*, Berriasien inférieur) et de l'Unité Inférieure Oolithique (Zone à *Occitanica*, sous-zone à *Privasensis*, Berriasien moyen) du Jura méridional.

Pour les Ostracodes laguno-lacustres du genre *Cypridea* (pour la terminologie descriptive se reporter à la figure 64), l'utilisation des biomarqueurs mis en évidence dans les faciès émergifs de type purbeckien et wealdien (Crétacé inférieur) de la plate-forme jurassienne et de l'Europe occidentale est étayée par de nombreux travaux [chap. 9, *op. cit.* ; Colin et Lethiers, 1988]. Mais, il faut reconnaître qu'à l'échelle mondiale la biozonation des Charophytes permet de meilleures corrélations que les Ostracodes, trop sujets à une spéciation régionale de type allopatrique (endémique) limitée géographiquement et stratigraphiquement avec des espèces apparemment largement répandues mais en fait difficiles à caractériser (critères de détermination flous et fluctuants à la suite de fortes variations morphologiques, chap. 9). Néanmoins, l'intérêt biostratigraphique des *Cypridea* des groupes *granulosa* (Pl. 24-25), *tumescens* (Pl. 22) et *dunkeri* (Pl. 21) est indiscutable et résulte d'une évolution mixte anagénétique et aussi cladogénétique d'après les extensions chronostratigraphiques largement recouvrantes des divers taxons (sous-espèces) répartis en lignées phylogénétiques [Anderson et Bazley, 1971 ; Anderson, 1985].

En ce qui concerne les Ostracodes marins du Berriasien-Valanginien, un exemple très intéressant et parfaitement comparable d'évolution est illustré par la lignée phylogénétique du genre *Valendocythere* mise en évidence par Oertli [1966] dans le Crétacé basal du Jura. Dérivant probablement du genre *Protocythere* et

étroitement apparenté au genre *Cythereis*, *Valendocythere* présente également une charnière amphidonte ainsi qu'une ornementation et une morphologie proches (terminologie descriptive : fig. 65) avec diverses espèces à carapaces richement ornementées et à double réticulation [Gründel, 1969]. Par rapport à celle de *Protocythere*, la carapace de *Valendocythere* présente un dimorphisme sexuel très accentué, un contour nettement quadrangulaire, une extrémité postérieure pointue comme chez *Cythereis*, ainsi qu'une nodosité et/ou une côte postéro-médiane allongée et droite. Ces genres *Cythereis*, *Protocythere* et *Valendocythere* (*Trachyleberidinae*) sont d'un grand intérêt biostratigraphique dans les dépôts marins crétacés des domaines téthysien et boréal de l'Europe occidentale, où ils permettent d'établir d'intéressantes corrélations [Bartenstein et Brand, 1951 ; Bartenstein, 1959b ; Donze, 1973b, 1975, 1976 ; chap. 9].

Protocythere revili (Pl. 32, fig. K à O) est un biomarqueur du Berriasien inférieur [Donze, 1975 ; Benest, 1985] qui est présent dans la partie plutôt inférieure des faciès purbeckiens du Jura (Cénozones continentales M1a et M1b), alors que *Valendocythere emslandensis* (Pl. 32, fig. I-J) apparaît un peu plus haut (Cénozone continentale M2) et caractérise l'intervalle Berriasien inférieur terminal – Berriasien supérieur basal. Cette espèce devient abondante dans le Jura au niveau du Berriasien moyen (U. I. O., Formation de Pierre-Châtel ; Pl. 32, fig. A à H) et passe progressivement dans la partie basale du Berriasien supérieur (Formation de Vions) au nouveau taxon *Valendocythere divisa* (Pl. 33) qui lui est associé. Cette évolution peut être mise en évidence d'après les carapaces ♀ qui présentent chez *V. emslandensis* une forte nodosité postéro-dorsale et une côte médiane pratiquement absente, alors que chez *V. divisa* cette situation est inversée avec une nodosité postéro-dorsale réduite et la formation d'une côte submédiane. Sur les carapaces ♂ de *V. emslandensis*, on observe un bourrelet ventral assez régulier qui s'hypertrophie et s'épaissit vers l'arrière en prenant une forme ailée chez *V. divisa*. Les formes intermédiaires entre ces deux espèces dites "de passage" (= transients) présentent une côte médiane plus ou moins nette chez les ♀ et un bourrelet ventral plus ou moins proéminent chez les ♂. Les populations de *Valendocythere* de la base de la Formation de Vions du Jura sont essentiellement constituées de ces "formes de passage", avec toutefois quelques "vrais" morphotypes *emslandensis* et *divisa* bien reconnaissables. *V. divisa*, dont la proportion augmente très rapidement, supplante et remplace entièrement *V. emslandensis* dans la partie supérieure de la Formation de Vions. Typiquement, *V. divisa* présente une carapace de très grande taille, avec une accentuation remarquable du dimorphisme sexuel, très allongée chez les ♂ et arrondie chez les ♀.

Le Berriasien supérieur tardif de la plate-forme jurassienne présente également un passage progressif de *V. divisa* vers *V. helvetica*, ces deux espèces coexistant pendant tout le Valanginien inférieur (Assemblage M6a,

Pl. 41). Cette transformation est très nette et correspond à une importante diminution de taille, à la régression du bourrelet ventral et surtout à la disparition de la côte postéro-médiane allongée au profit de la nodosité postéro-dorsale réduite qui se développe pour former une protubérance large et proéminente. Des formes primitives de passage de *Valendocythere helvetica* (Pl. 34, fig. C à J) à morphologie intermédiaire entre *V. divisa* et *V. helvetica* sont ainsi très courantes dans la partie supérieure des Formations de Vions et d'Allèves des domaines jurassien et présubalpin, l'espèce *helvetica* ne se différenciant et ne s'individualisant pleinement que dans le Valanginien inférieur (Marnes d'Arzier du Jura).

À la base du Valanginien supérieur (Calcaire roux limoniteux, Marnes à *Astieria* ou à Bryozoaires) du Jura central franco-suisse apparaissent *Valendocythere pustulata* et *Valendocythere reicheli* (Assemblage

M7a'). La phylogénie de ces deux taxons est plus difficile à établir. En ce qui concerne *V. pustulata*, ce taxon semble dériver plutôt de *V. divisa* et non pas de *V. helvetica*, contrairement au schéma évolutif de Oertli [1966]. En effet, en plus d'une ornementation caractéristique en "pustules épineuses" très apparentes sur la côte médiane allongée, le bourrelet postéro-ventral et l'excroissance postéro-dorsale, les carapaces des spécimens examinés présentent la conservation de certains caractères typiques de *V. divisa* tels qu'une forte taille, un contour quadrangulaire et une ébauche de côte médiane. Enfin, malgré une taille très réduite et une forte atténuation de l'ornementation de la carapace, *V. reicheli* présente également une ébauche de côte médiane et est en effet vraisemblablement issu de *V. divisa*. Toutefois, ce dernier cas reste hypothétique du fait qu'aucune forme de passage entre ces deux espèces n'a pu être observée.

Chapitre 5

POLYMORPHISME ÉCOPHÉNOTYPIQUE ET PALÉOÉCOLOGIE DES GYROGONITES DE CHAROPHYTES DE L'INTERVALLE JURASSIQUE MOYEN-CRÉTACÉ INFÉRIEUR ET DE L'ACTUEL

1.- OBSERVATIONS SUR LE POLYMORPHISME DES GYROGONITES FOSSILES DES POROCHARACÉES ET DES CHARACÉES DES MILIEUX LAGUNO-LACUSTRES DU DOGGER DE LA BOURGOGNE ET DU MALM-CRÉTACÉ INFÉRIEUR DU JURA FRANCO-SUISSE : COMPARAISON AVEC LES GYROGONITES POLYMORPHES DE *LAMPROTHAMNIUM PAPULOSUM* (WALLROTH, 1833) GROVES, 1916 DES LAGUNES SAUMÂTRES ACTUELLES DU COORONG (zone côtière du Sud-Est de l'Australie)

1.1. Généralités

Les gyrogonites des Porocharacées et de certaines Characées du Dogger-Malm et du Crétacé inférieur présentent un polymorphisme très apparent [Mojon, 1989a, 1989b], qui correspond à une importante variabilité morphologique et biométrique. Dans une même population, ces gyrogonites prennent ainsi diverses configurations morphotypiques, qui pourraient caractériser chacune un taxon particulier. Toutefois, la démarche uniquement descriptive de la Systématique classique, qui amène couramment le naturaliste à considérer ces morphotypes comme de nouveaux taxons, doit être révisée en fonction d'une interprétation paléoécologique. En effet, une étude comparative entre les Porocharacées fossiles et une Characée actuelle, *Lamprothamnium papulosum*, permet de démontrer que le polymorphisme des gyrogonites résulte de l'instabilité de certains paramètres écologiques. Ainsi, *Lamprothamnium papulosum* colonise les milieux saumâtres margino-littoraux tels que les lagunes à pérennité et salinité variables [Corillion, 1957 ; Horn af Rantzien, 1959] et y développe toujours des gyrogonites très polymorphes. Celles-ci ont été étudiées par Soulié-Märsche [1982, 1989] dans les lagunes et marais salants de la côte languedocienne (Sud-Ouest de la France) ainsi que dans le Quaternaire saharien (Wadi Shati, un ancien lac pléistocène du Fezzan, Lybie), où elles se trouvent associées dans les sédiments à divers organismes euryhalins et eurythermes : *Ammonia beccarii* et Elphidiidés (Foraminifères), *Cyprideis* spp. (Ostracodes), *Cerastoderma glaucum* (Lamellibranches), *Melania* et *Hydrobia* (Gastéropodes). Dans les lagunes côtières du Coorong (Sud de l'Australie) d'où provient la population de gyrogonites de *Lamprothamnium papulosum* étudiée dans ce travail

(Planche 2), Burne *et al.* [1980] ont mis en évidence la très grande tolérance de cette Characée pour des taux de salinité élevés atteignant jusqu'à 69‰, ainsi que l'association de gyrogonites et d'évaporites (cristaux de gypse et de halite) dans les sédiments de certaines lagunes asséchées. Les importantes variations saisonnières des paramètres écologiques des lagunes d'où proviennent les gyrogonites polymorphes de *Lamprothamnium papulosum* correspondent à l'alternance annuelle d'une période hivernale pluvieuse (apports d'eau douce) et d'une période estivale sèche (forte évaporation), en climat semi-aride de type méditerranéen [Burne *et al.*, 1980]. Comme la croissance des thalles des Charophytes est théoriquement illimitée et n'est entravée ou arrêtée que par la prédation, le gel ou un assèchement total, il est donc logique de supposer que l'instabilité des paramètres climatiques (luminosité, pluviosité et évaporation), géochimiques (salinité et dureté de l'eau) et physiques (hydrodynamisme et bathymétrie) régissant l'écologie des biotopes laguno-lacustres affecte non seulement la croissance mais aussi la calcification des thalles et des gyrogonites. En cas d'assèchement total, la calcification des gyrogonites de *Lamprothamnium papulosum* constitue une protection efficace contre la dessiccation et leur permet de conserver jusqu'à plusieurs années leur potentialité germinative [Burne *et al.*, 1980 ; Guerlesquin, 1987]. Comme le processus de calcification chez les Charophytes a été peu étudié et est encore assez mal connu, les considérations s'y rapportant ne peuvent en grande partie être étayées que par un raisonnement théorique. D'une manière générale, il est néanmoins possible d'affirmer avec certitude que la luminosité agit sur la photosynthèse et donc sur la croissance des thalles et des oogones, alors que la salinité et la température influencent leur calcification par modification du pH de l'eau. La variabilité de la taille des gyrogonites indiquerait donc le degré de croissance atteint au moment de la calcification des oogones. Celle-ci survient après fécondation de l'oosphère [Guerlesquin, 1987 ; Soulié-Märsche, 1989] et s'achève rapidement après les premiers stades du développement embryonnaire du zygote. Dans le cas des thalles, c'est l'activité photosynthétique qui, en consommant le CO₂ dissous dans l'eau, fait précipiter des microcristaux de calcite à l'interface des cellules végétales et du milieu ambiant. Par contre, la calcification des gyrogonites est un

phénomène intra-cellulaire, qui résulte de l'activité biochimique (enzymatique) particulière des cellules spiralées des oogones [Soulié-Märsche, 1989]. La calcification des gyrogonites peut être considérée comme optimale (épaisse) dans le cas des cellules spiralées convexes, qui suggèrent un pH en hausse par apport d'eau douce riche en Ca^{2+} (milieu basique), parallèlement à la diminution de la salinité et de la température. En revanche, les cellules spiralées concaves traduiraient une calcification incomplète (mince), fortement perturbée en période de forte évaporation par un milieu devenant acide (baisse du pH par eutrophisation) ou une précipitation précoce des carbonates (hausse de la salinité et de la température). Enfin, la croissance et la calcification des gyrogonites dépendent aussi d'une interaction avec d'autres facteurs complémentaires [Soulié-Märsche, 1989] tels que la profondeur pour *Lamprothamnium papulosum* et l'hydrodynamisme pour un autre taxon comme *Chara globularis* var. *aspera*.

D'autre part, phénomène unique chez les Characées actuelles où la paroi calcifiée des gyrogonites montre une structure bilamellaire homogène et régulière (endo- et ectocalcine), les gyrogonites de *Lamprothamnium papulosum* présentent une calcification particulière "en éventail" ou "en Y" [Soulié-Märsche, 1989] de l'ectocalcine des cellules spiralées. D'après des analyses à la microsonde effectuées par cet auteur, cette paroi est constituée de microcristaux de calcite faiblement magnésienne (1% de Mg), un type de minéralogie qui traduit bien l'influence d'une certaine salinité. Cette calcification "en Y" résulte probablement d'une croissance différentielle des cristaux de calcite contenant une faible quantité de Mg. Ainsi, les cristaux de calcite (holoédrie scalénoèdre du système rhomboédrique) présentent un degré de symétrie supérieur à ceux de la dolomite, affectés par des faces et arêtes courbes dues à un système cristallin irrégulier (tétartoédrie hexagonale du système rhomboédrique). Pour autant que les transformations diagénétiques (dissolution et/ou recristallisation) des sédiments ne soient pas trop importantes, une telle calcification "en Y" se conserve relativement bien en caractérisant également les gyrogonites des Porocharacées [Feist et Grambast-Fessard, 1984 ; Schudack, 1986], dont l'adaptation au milieu saumâtre des aires paraliques (estrans carbonatés ou siliciclastiques) bordant la Téthys au Mésozoïque était probablement tout à fait comparable à celle de *Lamprothamnium papulosum*. À titre de comparaison, les Porocharacées du Purbeckien (Berriasien inférieur) du Jura sont couramment associées à des organismes euryhalins comme *Fabanella boloniensis* et *Mantelliana purbeckensis* (Ostracodes), des Hydrobiidés (Gastéropodes), des Serpules, ainsi qu'avec des pseudomorphoses calcitiques d'évaporites (gypse, anhydrite) et des quartz authigènes résultant d'une précipitation diagénétique de silice en milieu sulfaté [Mojon et Strasser, 1987]. En outre, les caractéristiques liées à certains Ostracodes

suggèrent bien une adaptation à l'instabilité des paramètres écologiques (salinité, température, hydrodynamisme) des lagunes purbeckiennes et à leur assèchement périodique, soit les accumulations en masse (thanatocénoses) de *Fabanella boloniensis* et la reproduction parthénogénétique des populations de *Cypridea* composées uniquement de carapaces ♀ larges. Plus précisément encore, les dépôts contemporains du Purbeckien anglais (Crétacé basal) ont livré des troncs de Conifères montrant en section des cernes de croissance qui démontrent l'existence de variations climatiques saisonnières comparables à celles du climat de type méditerranéen avec alternances de périodes sèches et humides [Francis, 1983, 1984].

1.2. Taxonomie (description systématique) et paléoécologie

Embranchement *CHAROPHYTA* MIGULA, 1890

Classe *CHAROPHYCEAE* G.M. SMITH, 1938

Ordre *CHARALES* LINDLEY, 1836

Famille *CHARACEAE* RICHARD ex C. AGARDH, 1824

Sous-Famille *CHAROIDEAE* (VON LEONHARDI, 1863)
ROBINSON, 1906

Tribu *CHARAEAE* (VON LEONHARDI, 1863)

ZANEVELD, 1940

Sous-Tribu *CHARINAE* WOOD, 1962

Genre *LAMPROTHAMNIUM* GROVES, 1916

Lamprothamnium papulosum (WALLROTH, 1833)
GROVES, 1916

Planche 2, fig. A à R

1833 – *Chara papulosa* n. sp. ; Wallroth, p. 107.

1916 – *Lamprothamnium papulosum* (WALLROTH) n. comb. ; Groves, p. 336-337.

1957 – *Lamprothamnium hansenii* (SONDER) n. comb. ; Corillion, p. 144-145.

1962 – *Lamprothamnium succintum* (BRAUN in ASCHERSON) n. comb. ; Wood, p. 14.

1969 – *Lamprothamnium priscum* n. sp. ; Castel et Grambast, p. 940-941, pl. 32, fig. 4-6.

Matériel étudié : plusieurs dizaines de gyrogonites du Coorong (Sud-Est de l'Australie). Ce matériel a été en grande partie remis au Dr. I. Soulié-Märsche pour des études ultérieures et est conservé au Laboratoire de Paléobotanique de l'U.S.T.L. (Montpellier II).

Diagnose : parmi les gyrogonites des Characées actuelles et fossiles, celles de *Lamprothamnium*

papulosum se distinguent [Soulié-Märsche, 1982, 1989] par une forme cylindrique, un apex faiblement calcifié, une plaque basale massive à profil quadratique, une calcification “en éventail” ou “en Y” des cellules spiralées formant la paroi des gyrogonites et une oospore présentant des crêtes ondulées (Pl. 2, fig. E).

Description : gyrogonites de taille moyenne, ellipsoïdes-cylindriques souvent très allongées, à sommet en général tronqué et ouvert par un large orifice (Pl. 2, fig. B) à la suite de la faible calcification apicale, qui est rarement conservée (Pl. 2, fig. A-G-H) car facilement déhiscente. Base conique peu arrondie, massive et fortement calcifiée. En vue interne, le pore basal est obturé par une plaque basale simple et pentagonale (Pl. 2, fig. D). Cellules spiralées lisses, en général nettement concaves ou moins fréquemment légèrement convexes (Pl. 2, fig. L-Q-R). En vue latérale, 8 à 11 tours de spire sont visibles, ainsi que des crêtes suturales très souvent saillantes et doubles avec une ligne médiane en dépression (Pl. 2, fig. I-N). La largeur des cellules spiralées varie entre 50 et 100 µm, avec une moyenne à 70 µm. La calcification des gyrogonites est en général régulière, sauf dans certains cas particuliers où elle est variable et inégale (“nodules” hypercalcifiés, Pl. 2, fig. F).

Dimensions : très variables. Longueur = 420 à 880 µm, largeur = 280 à 500 µm, rapport longueur/largeur = 1,5 à 2,2. Ces observations peuvent être confirmées et complétées par celles de Soulié-Märsche [1982, 1989], qui donnait les valeurs suivantes : longueur = 550 à 950 µm ; largeur = 425 à 675 µm ; rapport longueur/largeur = 1,2 à 1,7.

Attribution stratigraphique et répartition géographique : Eocène [Castel et Grambast, 1969] – Actuel, mondialement répandu. Il faut signaler ici *Lamprothamnium parvulum* MASSIEUX [in Bilotte et Massieux, 1988], qui est une espèce proche à gyrogonites de très petite taille du Crétacé supérieur (Campanien) nord-pyrénéen.

Remarques sur la paléoécologie : *Lamprothamnium papulosum* est une Charophyte des biotopes lagunaires à salinité variable, adaptée à des taux de salinité oscillant entre 1,3 et 69‰ [Burne *et al.*, 1980]. À cet égard, une certaine salinité est d'ailleurs indispensable à la germination des gyrogonites et au développement des thalles [Dubois, 1968]. D'après les observations et mesures de Burne *et al.* [1980], la germination des gyrogonites et le développement des thalles de *Lamprothamnium papulosum* du Coorong (Australie) se déroulent normalement jusqu'à des taux de salinité de 35‰. Selon ces mêmes auteurs, l'activité photosynthétique conditionnant le développement des thalles et des oogones est optimale pour des taux de salinité entre 17 et 35‰ et reste élevée (60 à 70% du rendement maximum) jusqu'à des valeurs atteignant 70 ‰.

Genre *ACLISTOCHARA* PECK, 1937

emend. PECK, 1957

Aclistochara bransoni PECK, 1937 emend. PECK, 1957

Planche 5, fig. H1 à H9

1937 – *Aclistochara bransoni* n. sp. ; Peck, p. 87, pl. 14, fig. 8 à 11.

1957 – *Aclistochara bransoni* PECK emend. ; Peck, p. 26, pl. 4, fig. 1 à 14.

Matériel étudié : plusieurs dizaines de gyrogonites du “Séquanien” du Jura franco-suisse septentrional.

Diagnose : gyrogonites du genre *Aclistochara* présentant une dépression apicale caractéristique, qui est obturée par les extrémités profondément enfoncées des cellules spiralées. Ces gyrogonites sont attribuables à l'espèce *bransoni* d'après leur polymorphisme, leur taille moyenne et leur morphologie globuleuse.

Description : gyrogonites de taille moyenne, ovoïdes-globuleuses en forme d'urne. Sommet largement tronqué et aplati, base arrondie. Apex fortement enfoncé vers l'intérieur de la gyrogonite et obturé par les extrémités déprimées des cellules spiralées. Cette profonde dépression apicale forme une remarquable rosace, qui est soulignée de façon très apparente par les expansions courbes et effilées des crêtes suturales formant des arêtes entre les cellules spiralées. Pore basal pentagonal (plaque basale double non observable de l'extérieur). Latéralement, 5 à 8 tours de spire concaves à légèrement convexes. Crêtes suturales plus ou moins saillantes et doubles, avec une ligne médiane en dépression. En section, la paroi des gyrogonites présente une calcification “en Y” [bien visible sur les illustrations de Peck, 1957].

Dimensions : variables. Longueur = 500 à 560 µm, largeur = 360 à 540 µm, rapport longueur/largeur = 1 à 1,45.

Attribution stratigraphique et répartition géographique : Jurassique supérieur de l'Amérique du Nord et de l'Eurasie [Schudack, 1993]. Intervalle Oxfordien [Jura franco-suisse ; Mojon, 1989b] – Kimméridgien/Tithonien [Morrison Formation du Colorado et du Wyoming, U.S.A. ; Peck, 1957 ; Kowallis *et al.*, 1991]. Les gyrogonites du Purbeckien (Berriasien) de l'Allemagne du Nord attribuées à *A. bransoni* et figurées par Schudack [1993] diffèrent nettement par des dimensions beaucoup plus faibles et ne se rapportent vraisemblablement pas à cette espèce.

Remarques sur la paléoécologie et la phylogénie : dans le Jura septentrional franco-suisse, *Aclistochara bransoni* caractérise les premiers dépôts saumâtres (marnes bioclastiques) qui se sont installés sur les faciès récifaux d'âge oxfordien moyen, les gyrogonites

polymorphes de cette espèce pionnière étant couramment mélangées à des Foraminifères benthiques (Lituolidés) comme *Alveosepta jaccardi* ainsi qu'à des débris de Coraux et d'Echinodermes. De plus, *Aclistochara bransoni* se raréfie parallèlement au développement des faciès limniques caractérisés en particulier par *Porochara kimmeridgensis*. La mise en évidence du polymorphisme des gyrogonites d'*Aclistochara bransoni* de la Morrison Formation par Peck [1957] implique l'attribution à ce taxon d'autres espèces [Peck, 1937] avec lesquelles il constitue des populations communes et indissociables : *A. lata*, *A. oligospirata*, *A. elongata* et, avec réserve, *A. jonesi*. Ce polymorphisme ainsi que la calcification "en Y" de la paroi des gyrogonites d'*Aclistochara bransoni* indique clairement une adaptation au milieu saumâtre, comparable à celle des Porocharacées et de certaines Characées actuelles (*Lamprothamnium papulosum*), et suggère une proche parenté avec celles-ci. Ainsi selon cette hypothèse et par rapport aux Characées, la faible calcification apicale des gyrogonites des *Aclistochara* et de *Lamprothamnium papulosum* représente un stade évolutif plus avancé, mais encore assez primitif, dérivant de celui des *Porochara* à pore apical ouvert. Toutefois, les gyrogonites d'*Aclistochara* possèdent une plaque basale double alors que celles de *Lamprothamnium* présentent une plaque basale simple, ce qui indique l'origine différente de ces deux genres [McCourt *et al.*, 1996 ; cf. remarques générales du chap. 7].

Famille POROCHARACEAE GRAMBAST, 1962

Sous-Famille POROCHAROIDEAE GRAMBAST, 1961

Genre **POROCHARA** MÄDLER, 1955 emend.
SCHUDACK, 1986

Porochara sublaevis (PECK, 1957) GRAMBAST, 1966

Planche 4, fig. A à L

- 1957 – *Stellatochara sublaevis* n. sp. ; Peck, p. 31, pl. 6, fig. 9 à 13.
1966 – *Porochara sublaevis* (PECK) n. comb. ; Grambast in Saïdakovski, p. 132.
1984 – *Musacchiella palmeri* n. sp. ; Feist & Grambast-Fessard, p. 303-304, fig. 4D et 4E.
1984 – *Musacchiella* sp. A ; Feist & Grambast-Fessard, p. 304, fig. 4F.
1986 – *Porochara palmeri* (FEIST & GRAMBAST-FESSARD) n. comb. ; Schudack, p. 23.

Matériel étudié : plusieurs dizaines de gyrogonites de la base du Calcaire de Comblanchien (Bathonien) de la Bourgogne.

Diagnose : gyrogonites du genre *Porochara* d'après la présence d'un pore apical et d'une plaque basale

bipartite, qui se caractérisent par une taille moyenne relativement constante et un pourtour ovoïde à ellipsoïde.

Description : gyrogonites de taille moyenne, ovoïdes à ellipsoïdes. Sommet tronqué et aplati, base arrondie. Pore apical en rosette et pore basal pentagonal, obturé par une plaque basale double visible seulement en vue interne. Latéralement, 7 à 10 tours de spire concaves à légèrement convexes. Les gyrogonites de *P. sublaevis* sont très semblables à celles de *Porochara hians* FEIST & GRAMBAST-FESSARD, 1994 du Bathonien du Maroc [in Charrière *et al.*, 1994], qui présentent toutefois un nombre de tours de spire un peu plus élevé en moyenne (9 à 11).

Dimensions : variables. Longueur = 460 à 600 µm, largeur = 380 à 460 µm, rapport longueur/largeur = 1,05 à 1,5.

Attribution stratigraphique et répartition géographique : Jurassique moyen (Bathonien) de l'Amérique du Nord [Peck, 1957] et de l'Europe [Mojon, 1989b].

Porochara kimmeridgensis (MÄDLER, 1952) MÄDLER,
1955 emend. MOJON, 1989

Planche 5, fig. G1 à G29

- 1952 – *Aclistochara kimmeridgensis* n. sp. ; Mädlér, p. 26 à 28, pl. B, fig. 13 à 19.
1952 – *Aclistochara minima* n. sp. ; Mädlér, p. 21-22, pl. A, fig. 30 à 35.
1952 – *Aclistochara westerbeckensis* n. sp. ; Mädlér, p. 28-29, pl. B, fig. 20 à 25.
1952 – *Aclistochara raskyae* n. sp. ; Mädlér, p. 29-30, pl. B, fig. 26 à 29.
1955 – *Porochara kimmeridgensis* (MÄDLER) n. comb. ; Mädlér, p. 271.
1955 – *Porochara westerbeckensis* (MÄDLER) n. comb. ; Mädlér, p. 271.
1955 – *Porochara raskyae* (MÄDLER) n. comb. ; Mädlér, p. 271.
1976 – *Porochara minima* (MÄDLER) n. comb. ; Shaïkin, p. 80.
partim 1986 – *Porochara kimmeridgensis* (MÄDLER) MÄDLER ; Schudack, pl. 1, fig. 12.
1989b – *Porochara kimmeridgensis* (MÄDLER, 1952) MÄDLER, 1955 emend. MOJON ; Mojon, p. 5-6, pl. 2, fig. G1 à G29.

Matériel étudié : plusieurs centaines de gyrogonites du "Séquanien" du Jura franco-suisse septentrional.

Diagnose émondée : gyrogonites du genre *Porochara* d'après la présence d'un pore apical et d'une plaque basale bipartite, qui se caractérisent par une grande

variabilité de taille et une morphologie ellipsoïde plutôt allongée.

Description : gyrogonites de taille petite à moyenne, ovoïdes-ellipsoïdes à ellipsoïdes-allongées. Sommet tronqué et aplati, base conique. Pore apical en rosette et pore basal pentagonal, obturé par une plaque basale bipartite visible seulement en vue interne. Latéralement, 7 à 12 tours de spire très concaves et à crêtes suturales saillantes.

Dimensions : très variables. Longueur = 320 à 700 µm, largeur = 260 à 560 µm, rapport longueur/largeur = 1,1 à 1,6.

Attribution stratigraphique et répartition géographique : Oxfordien-Kimmeridgien - ? Barrémien de l'Eurasie [Mojon, 1989b, 1996 ; Schudack, 1993], Allemagne du Nord [Mädler, 1952], Jura franco-suisse [Mojon, 1989b], Espagne [Brenner, 1976, Schudack, 1987a], Portugal [Grambast-Fessard et Ramalho, 1985 ; Mohr et Schmidt, 1988], Sud de la Russie et Ukraine [Shaïkin, 1976].

Remarques sur la paléoécologie : dans le "Séquanien" du Jura, *Porochara kimmeridgensis* caractérise des milieux de dépôt à dominance lacustre. Toutefois, le polymorphisme des gyrogonites de ce taxon est représenté par une très importante variabilité de taille, qui traduit des conditions de croissance contrastées dépendant probablement de fortes fluctuations saisonnières entre périodes sèches et humides.

Porochara maxima (DONZE, 1955) DONZE, 1958
emend. MOJON, 1989

Planches 7 (fig. A à P), 8 (fig. A1 à A7, B1 à B6, C1 à C15) et 9 (fig. B1 à B33)

1955 – *Aclistochara maxima* n. sp. ; Donze, p. 289, pl. 13, fig. 6a, 6b, 7.

1958 – *Porochara maxima* DONZE ; Donze, p. 180-181.

1984 – *Musacchiella maxima* (DONZE) n. comb. ; FEIST & GRAMBAST-FESSARD in Colin *et al.*, p. 350, pl. 1, fig. 3-5.

1987 – *Musacchiella maxima* (DONZE) FEIST & GRAMBAST-FESSARD ; Mojon et Strasser, fig. 8I à 8L.

1989a – *Porochara maxima* (DONZE, 1955) DONZE, 1958 emend. MOJON ; Mojon, p. 508-509, pl. 3 (fig. A à P), pl. 4 (fig. A1 à A7, B1 à B6, C1 à C15), pl. 5 (fig. B1 à B33).

Matériel étudié : plusieurs milliers de gyrogonites du Purbeckien du Jura franco-suisse.

Diagnose émise : gyrogonites du genre *Porochara* d'après la présence d'un pore apical et d'une plaque basale composée bipartite (double), caractérisées par un

important polymorphisme (grande variabilité de la taille et de la morphologie) et non plus seulement par une forte taille [Donze, 1955].

Description : gyrogonites de taille moyenne à grande, ovoïdes à ellipsoïdes, à sommet aplati et à base arrondie ou conique. Pore apical en rosette. Pore basal pentagonal, légèrement asymétrique, obturé par une plaque basale bipartite souvent bien visible en vue externe. Latéralement, 8 à 12 tours de spire en général très concaves, plus rarement légèrement convexes. Les crêtes suturales sont donc presque toujours saillantes et souvent doubles avec une ligne médiane en dépression. La largeur des cellules spiralées oscille entre 50 et 160 µm, avec une moyenne à 80 µm. En lame-mince, la calcification "en Y" des cellules spiralées de la paroi des gyrogonites est en général très apparente (Planche 52, fig. A à D).

Dimensions : très variables. Longueur = 520 à 1100 µm, largeur = 280 à 820 µm, rapport longueur/largeur = 1,15 à 1,65.

Attribution stratigraphique et répartition géographique : Berriasien inférieur à supérieur – Valanginien inférieur (faciès de type purbeckien des domaines téthysien et boréal) de l'Europe occidentale [Jura franco-suisse, Sud de l'Angleterre, Allemagne du Nord, Sardaigne, Basse-Provence, Espagne, Portugal ; Mojon, 1989a, 1996, ce travail ; Schudack, 1993].

Remarques sur la paléoécologie : *Porochara maxima* est largement répandue dans les horizons lagunaires fortement saumâtres du Purbeckien du Jura, où la salinité devait probablement atteindre des taux élevés, comparables à ceux mesurés pour *Lamprothamnium papulosum*. Ainsi, *Porochara maxima* et l'Ostracode saumâtre *Mantelliana purbeckensis* caractérisent les dépôts sebkhaïques à pseudomorphoses de gypse et quartz authigènes de la partie basale du Purbeckien (Marnes à gypse). Plus haut stratigraphiquement, *P. maxima* est également largement répandue au niveau des Couches nymphéennes du Purbeckien, qui comprennent des dépôts très saumâtres (marnes à Fabanelles) ou plus généralement laguno-lacustres dont la salinité variable est démontrée par les assemblages mixtes d'organismes d'eau douce et saumâtre (Charophytes, Ostracodes et Mollusques). La comparaison des figures des Planches 7, 8 et 9 met en évidence les caractères particuliers des populations de *P. maxima* récoltées dans les milieux de dépôt précités. Ainsi, dans les dépôts de sebkhas (Pl. 8, fig. A1 à A7), les gyrogonites de *P. maxima* ont une morphologie homogène, des cellules spiralées toujours concaves et une taille assez réduite. Il en va presque de même dans les marnes à Fabanelles (Pl. 8, fig. B1 à B6) où la forme des gyrogonites commence à se modifier par allongement du contour et élargissement des cellules spiralées. C'est dans les horizons laguno-lacustres qu'apparaît le polymorphisme le plus important (Pl. 7, fig. A à P ; Pl. 8, fig. C1 à C15 ; Pl. 9, fig. B1 à B33),

avec une variabilité considérable de la taille (par diminution ou accroissement) et de la morphologie (par un important allongement du contour) des gyrogonites dont les cellules spiralées peuvent devenir parfois nettement convexes (Pl. 8, fig. C15).

Cet extraordinaire polymorphisme, tout à fait comparable à celui de *Lamprothamnium papulosum* peut aussi être interprété comme le résultat de brusques variations saisonnières des paramètres écologiques dans les lagunes purbeckiennes (Cénozone continentale M1b). Par contre pour les gyrogonites de *Porochara maxima* des sebkhas et autres milieux de dépôt très saumâtres (Cénozone continentale M1a), les dimensions plutôt réduites et la quasi-absence de polymorphisme indiqueraient respectivement une croissance plus faible due au confinement ainsi qu'une certaine stabilité écologique des biotopes lagunaires. Cette dernière remarque laisse supposer que les variations eustatiques relatives du niveau marin ont certainement fortement accentué les effets des alternances saisonnières, car l'interférence entre tendances émergitive et transgressive n'a cessé de croître entre le Berriasien inférieur et moyen.

Porochara jaccardi (HEER, 1865) MOJON, 1989

Planche 10, fig. A1 à A7, B1 à B15, C1 à C12

1865 – *Chara jaccardi* n. sp. ; Heer, p. 218, fig. 134.

1952 – *Aclistochara hildesiensis* n. sp. ; Mädlar, pl. A, p. 18-19, fig. 17 à 21.

1955 – *Porochara hildesiensis* (MÄDLER) n. comb. ; Mädlar, p. 271.

1984 – *Musacchiella sardiniae* n. sp. ; FEIST & GRAMBAST-FESSARD in Colin *et al.*, p. 348-350, pl. 1, fig. 6 à 13.

1989a – *Porochara jaccardi* (HEER, 1865) n. comb. ; Mojon, p. 509 à 512, pl. 6, fig. A1 à A7, B1 à B15, C1 à C12.

Matériel étudié : plusieurs centaines de gyrogonites du Purbeckien, de la Formation de Pierre-Châtel et de la Formation de Vions (Berriasien) du Jura franco-suisse.

Diagnose : gyrogonites du genre *Porochara* d'après la présence d'un pore apical et d'une plaque basale bipartite, qui se caractérisent par une taille moyenne assez constante et une morphologie polymorphe globuleuse à ellipsoïde.

Description : gyrogonites de taille moyenne, ovoïdes-globuleuses à sommet et base arrondis, ou ellipsoïdes à sommet aplati et base conique. Pores apical et basal arrondis, très petits et difficiles à différencier. Plaque basale bipartite, fragile, observable seulement en vue interne. En vue latérale, 7 à 9 tours de spire sont visibles. Les cellules spiralées peuvent être convexes ou concaves selon le degré de calcification des gyrogonites.

Les sutures des spires sont saillantes ou non, et apparaissent souvent doubles en présentant une ligne médiane en dépression.

Dimensions : relativement constantes. Longueur = 440 à 560 µm, largeur = 360 à 560 µm, rapport longueur/largeur = 1 à 1,35.

Attribution stratigraphique et répartition géographique : Kimméridgien [Mädlar, 1952 ; Schudack, 1993] – Berriasien [Mojon, 1989a, 1996] de l'Europe occidentale (Allemagne du Nord, Jura franco-suisse, Espagne, Provence et Sardaigne).

Remarque sur la paléoécologie : *Porochara jaccardi* caractérise les dépôts laguno-lacustres légèrement saumâtres, avec une fréquence maximale dans les niveaux lagunaires fortement dessalés. Dans les populations de *P. jaccardi* des faciès purbeckiens du Jura (Berriasien inférieur-moyen), le polymorphisme des gyrogonites se manifeste sous la forme de deux groupes principaux d'écophénotypes. Le premier groupe (écophénotypes A : Pl. 10, fig. B1 à B8) comprend les gyrogonites ovoïdes-globuleuses à cellules spiralées convexes ou concaves. Le second groupe (écophénotypes B : Pl. 10, fig. B9 à B15) correspond à des gyrogonites ellipsoïdes-allongées à cellules spiralées concaves. Ces deux types d'écophénotypes sont toujours étroitement mélangés dans les populations de gyrogonites examinées et se rapportent de toute évidence à la variabilité des paramètres écologiques ayant affecté les lagunes purbeckiennes.

Porochara fusca (MÄDLER, 1952) MÄDLER, 1955

Planche 11, fig. A1 à A8, B1 à B14, C1 à C11

1952 – *Aclistochara fusca* n. sp. ; Mädlar, p. 19-20, pl. A, fig. 22 à 25

1952 – *Aclistochara fusca* n. sp. var. *minor* n. var. ; Mädlar, p. 20-21, pl. A, fig. 26 à 29.

1955 – *Porochara fusca* (MÄDLER) n. comb. ; Mädlar, p. 271.

1955 – *Porochara fusca* var. *minor* (MÄDLER) n. comb. ; Mädlar, p. 271.

Matériel étudié : plusieurs centaines de gyrogonites du Purbeckien du Jura franco-suisse.

Diagnose : gyrogonites du genre *Porochara* d'après la présence d'un pore apical et d'une plaque basale bipartite, qui se distinguent par leur taille petite à moyenne et leur aspect en général fusiforme.

Description : gyrogonites de taille petite à moyenne, ellipsoïdes-allongées et plus rarement ovoïdes, à sommet souvent allongé-tronqué formant une ébauche de col et à base arrondie ou conique. Pores apical et basal arrondis et très petits. Plaque basale bipartite,

visible seulement en vue interne. Latéralement, 7 à 11 tours de spire concaves à légèrement convexes selon le degré de calcification des gyrogonites.

Dimensions : variables. Longueur = 320 à 760 μm , largeur = 260 à 480 μm , rapport longueur/largeur = 1,1 à 1,6.

Attribution stratigraphique et répartition géographique : Kimméridgien–Berriasien de l'Eurasie [Mojon, 1989a ; Schudack, 1993].

Remarques sur la paléoécologie : dans le Jura, *Porochara fusca* caractérise essentiellement les faciès émergifs confinés (sebkhaïques) du Jurassique terminal ("Portlandien"/Tithonien) et du Crétacé basal (Purbeckien). Dans ces milieux de dépôts, parfois azoïques, la rareté et la petite taille très fréquente des organismes (Charophytes, Ostracodes et Mollusques) suggèrent des conditions extrêmes de salinité et de température ainsi qu'une faible tranche d'eau.

Genre *FEISTIELLA* SCHUDACK, 1986

Feistiella bijuescensis SCHUDACK, 1986

Planches 3 (fig. A-B) et 9 (fig. A1 à A8)

1986 – *Feistiella bijuescensis* n. sp. ; Schudack, p. 23 à 27, pl. 1, fig. 1 à 11.

Matériel étudié : une dizaine de gyrogonites des faciès de type wealdien du Jura méridional et de Chartreuse occidentale (Sud-Est de la France).

Diagnose : gyrogonites du genre *Feistiella* d'après la présence d'un pore apical et d'une plaque basale simple, dont les dimensions ainsi que les caractères morphologiques et structuraux sont comparables à ceux de la diagnose originale de l'espèce *bijuescensis* [Schudack, 1986].

Description : gyrogonites de taille moyenne, ovoïdes-ellipsoïdes, à sommet aplati et à base arrondie ou légèrement conique. Pore apical en rosette et pore basal pentagonal régulier, obturé par une plaque basale simple observable seulement en vue interne (Pl. 3, fig. A-B ; Pl. 9, fig. A8). Latéralement, 9 à 11 tours de spire toujours nettement concaves, mesurant entre 70 et 90 μm de large et dont les crêtes suturales sont saillantes et simples.

Dimensions : très constantes. Longueur = 580 à 640 μm , largeur = 460 à 520 μm , rapport longueur/largeur = 1,23 à 1,26.

Attribution stratigraphique et répartition géographique : Berriasien supérieur de l'Europe occidentale [faciès purbecko-wealdiens du domaine téthysien : Espagne, Jura franco-suisse et Chaînes subalpines septentrionales, Basse-Provence et Sardaigne ; Schudack, 1986, 1993 ; Mojon, 1989a].

Remarque sur la paléoécologie : *Feistiella bijuescensis* présente un très faible polymorphisme et caractérise des milieux de dépôt plutôt franchement dulçaquicoles.

2. – OBSERVATIONS SUR LE POLYMORPHISME DES GYROGONITES D'UNE POPULATION ACTUELLE DE *CHARA GLOBULARIS* THUILLIER, 1799 (CHARACÉES) D'UN ÉTANG D'EAU DOUCE DE SUISSE OCCIDENTALE (fig. 66 à 69)

2.1. Introduction

Pour rappel, les Charophytes représentent un Embranchement ou Phylum particulier d'Algues chlorophylliennes qui ont successivement colonisé depuis le Silurien supérieur les lagons marins à saumâtres puis les milieux lacustres et palustres d'eau douce des îles et des continents. Leurs petites

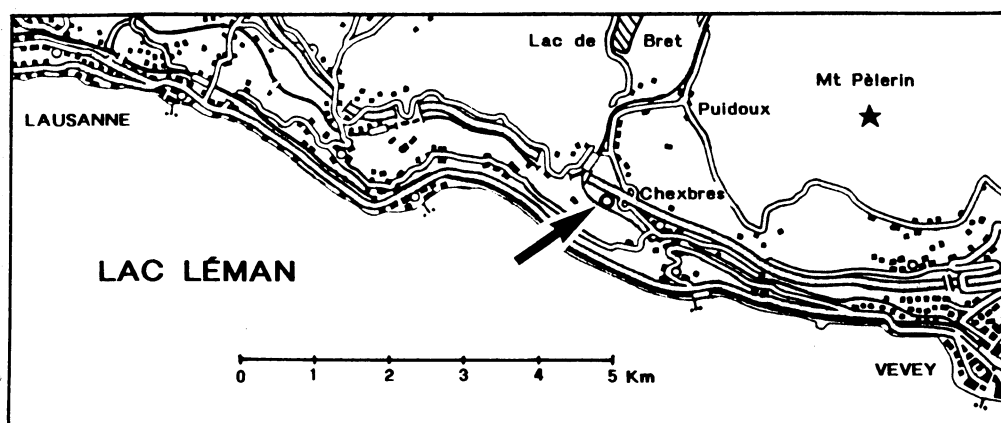


FIG. 66. – Plan de situation géographique du petit étang de Suisse occidentale étudié en 1990-1991. Celui-ci est situé à proximité de l'autoroute Lausanne-Vevey.

fructifications calcifiées sont couramment utilisées en biostratigraphie [Tappan, 1980 ; Feist et Grambast-Fessard, 1982, 1991 ; Riveline, 1984 ; Mojon, 1996 ; ce travail] et leur étude future devrait encore apporter de nombreuses informations portant sur les variations des paramètres climatiques et écologiques de l'Actuel et des paléoenvironnements fossiles [Gasse *et al.*, 1987]. Le cycle de développement des Characées récentes dépend de paramètres physiques, chimiques et climatiques tels que la nature du substratum (vaseux ou sableux), les conditions bathymétriques (courants et profondeur d'eau), la salinité (teneur en Na⁺), l'alcalinité (teneur en K⁺) et la dureté de l'eau (teneur en Ca²⁺), le pH, la température ainsi que l'intensité lumineuse au sein de la masse d'eau [Corillion, 1957, 1975].

2.2. Buts du travail

Comme il n'existe pas encore de données très précises pour expliquer le polymorphisme des Charophytes, le propos de cette courte étude sur *Chara globularis* est donc de déterminer plus précisément les conditions de développement et de calcification de Characées actuelles dans un environnement bien défini. Réalisé et en partie publié (pour sa partie géochimique seulement) par Huon et Mojon [1994], ce travail comprend des observations et des mesures portant sur la morphologie, la minéralogie ainsi que les isotopes stables du carbone (¹³C/¹²C) et de l'oxygène (¹⁸O/¹⁶O) des incrustations calcaires des thalles et de la paroi calcifiée des gyrogonites d'un peuplement de *Chara globularis* colonisant un petit étang confiné d'eau douce de Suisse occidentale, étudié pendant la période annuelle de croissance et de reproduction de ces Characées étalée ici sur cinq mois consécutifs (avril à août 1991).

2.3. Caractéristiques biologiques de *Chara globularis* [d'après Corillion, 1957, 1975]

Chara globularis possède un thalle mesurant de 10 cm à 1 m de hauteur. C'est une espèce monoïque et pionnière des milieux d'eau douce (lacs, étangs, rivières), à large répartition géographique (70°N–50°S). Sa distribution s'étend du rivage jusqu'à une profondeur d'environ 10 m. Les populations de *Chara globularis* sont fréquemment buissonnantes et denses, monospécifiques et ont besoin d'eau calcaire (10 à 25 mg/l) ainsi que d'une température d'au moins 5°C pour leur développement. La calcification des thalles résulte d'un processus externe de précipitation inorganique induit par la photosynthèse, alors que la calcification des gyrogonites dépend d'un processus enzymatique intracellulaire [Soulié-Märsche, 1989]. Les biotopes alcalins (7 < pH < 8,5) sont les plus favorables à cette espèce, mais des eaux faiblement acides peuvent être tolérées temporairement. *Chara globularis* appartient à

un important groupe de Characées polymorphes : *Chara vulgaris*, *Chara major*, *Chara polyacantha*, *Chara aspera* et *Lamprothamnium papulosum*. Les caractères polymorphes apparaissent aussi bien sur les parties végétatives (thalles) qu'au niveau des fructifications calcifiées (gyrogonites). Sous des conditions optimales, la période de fructification et de calcification s'étend d'avril à octobre. L'espèce *Chara globularis* est constituée de nombreuses races chromosomiques [n = 14, 16, 18, 20, 24, 28, 32 ; Guerlesquin, 1967 ; Corillion et Guerlesquin, 1972 ; Corillion, 1975] dont l'étude n'entre toutefois pas dans le cadre de ce travail, l'influence éventuelle de la polyploïdie sur le polymorphisme des gyrogonites restant donc à établir.

2.4. Biotope étudié et méthodologie

La population de *Chara globularis* étudiée a été collectée dans un petit étang confiné (70 m²) d'une profondeur maximale d'un mètre, qui est situé en Suisse occidentale à 6 km à l'est de Lausanne (commune de Puidoux, coordonnées 548.550/148.625 d'après la carte nationale de la Suisse au 25.000^e ; fig. 66 et 67A, B). Créé pour une école dans un but éducatif, cet étang a été peuplé artificiellement en avril 1990 avec des Batraciens ainsi que des Phanérogames, des Mollusques et des Arthropodes aquatiques. En mai, des gyrogonites de *Chara globularis* disséminées dans le sédiment vaseux d'origine allochtone lacustre (rive sud du lac de Neuchâtel) colmatant le fond de l'étang ont germé et constitué rapidement un peuplement dense. Les thalles calcifiés et les gyrogonites produits durant l'année 1990 ont été récoltés en août 1990.

L'année suivante, les parties calcifiées des Characées et des échantillons d'eau de l'étang furent régulièrement prélevés ensemble pendant la période de fructification et de calcification (avril à août 1991), parallèlement à des mesures de pH et de température (fig. 68A, B). À cause des dimensions limitées de l'étang, les gradients d'éclairement, de température et de pH se sont avérés négligeables au sein de la masse d'eau, le pH étant influencé par l'activité biologique saisonnière et l'apport carbonaté des sédiments lacustres de l'étang. Les méthodes d'analyses minéralogiques par diffraction des rayons X et isotopiques (carbone ¹³C/¹²C ; oxygène ¹⁸O/¹⁶O) sur les parties calcifiées de *Chara globularis* et les échantillons d'eau sont exposées dans Huon et Mojon [1994].

2.5. Résultats et discussion

2.5.1. Polymorphisme des gyrogonites et paramètres écologiques

Les gyrogonites récoltées en 1990 et 1991 constituent pour chacune de ces années des populations polymorphes identiques (Planche 1). Ces gyrogonites

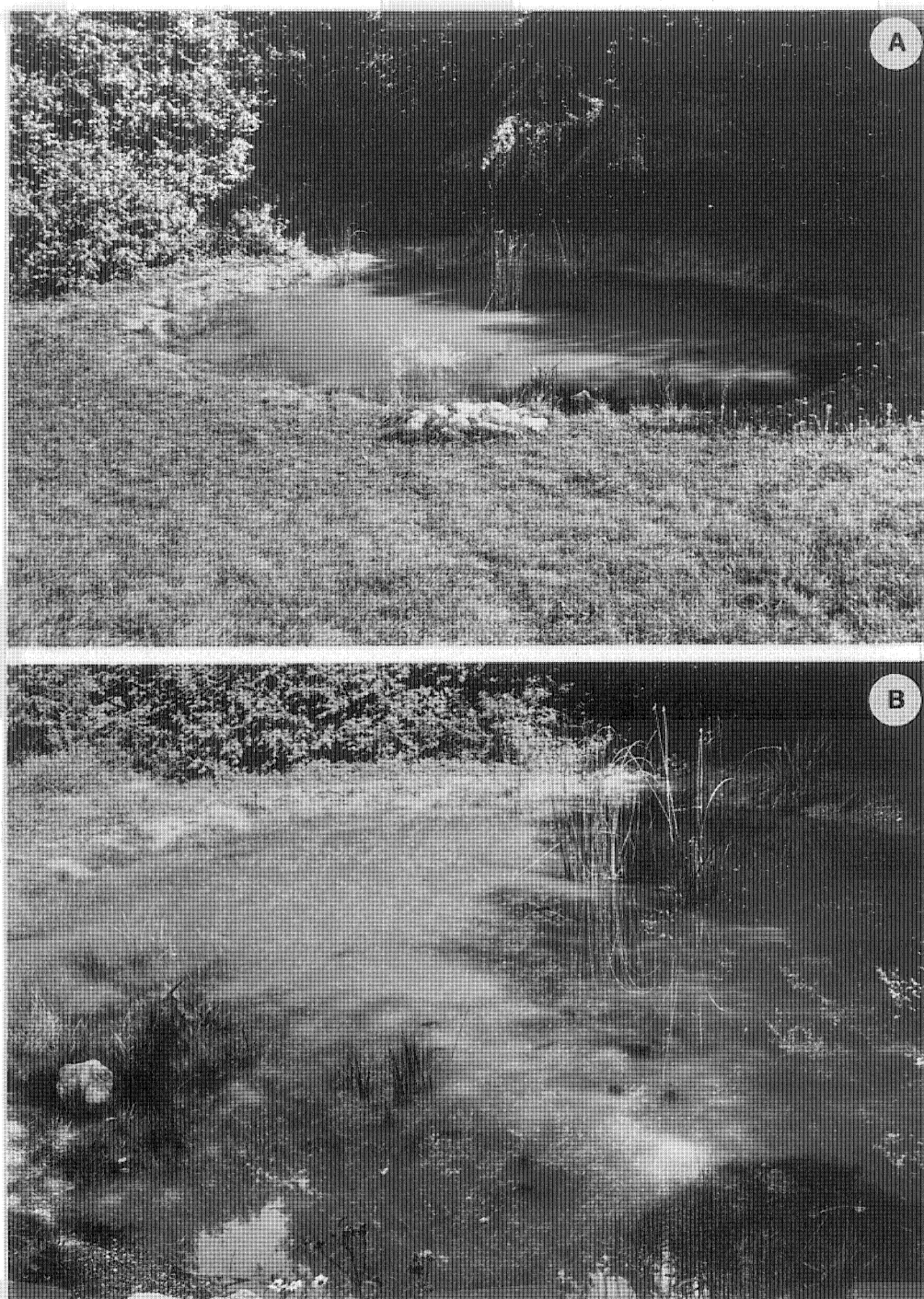


FIG. 67.– A : vue générale de l'étang localisé sur la fig. 66. B : vue de détail de A.

présentent des formes allongées à arrondies avec 12 à 15 tours de spire. Leurs dimensions sont variables (longueur = 600 à 900 μm ; largeur = 350 à 600 μm) et la calcification des 5 cellules spiralées peut être fortement concave à légèrement convexe. Une telle morphologie changeante a déjà été reconnue sur les gyrogonites d'autres taxons actuels et fossiles [Pedrola et Acuña, 1986 ; Soulié-Märsche, 1989 ; Mojon, 1989a, 1989b]. Ce phénomène particulier est bien connu dans les environnements lagunaires côtiers et est attribué à la

variabilité de certains paramètres écologiques tels que la salinité et la profondeur en particulier. Cependant, le polymorphisme des gyrogonites n'a pas encore été décrit dans les milieux d'eau douce, bien que l'intensité de la luminosité modulant la photosynthèse et donc la croissance des thalles et des oogones a déjà été considérée avec raison par Corillion [1957, 1975] comme le principal facteur de polymorphisme des thalles (axes raccourcis ou allongés). Dans l'étang étudié, les populations de gyrogonites de 1990 et 1991

présentaient un polymorphisme tout à fait identique, les conditions climatiques sèches et chaudes de ces deux années consécutives ayant été comparables. Chaque variété de gyrogonites polymorphes a été observée et collectée directement sur des verticilles de rameaux distincts. Les gyrogonites d'avril et de mai présentent des formes allongées ou arrondies avec des cellules spiralées légèrement concaves ou convexes (Pl. 1, fig. C à N). En avril, des gyrogonites allongées (Pl. 1, fig. G à I et M-N) se sont d'abord constituées dans des conditions saisonnières de basse luminosité. Les gyrogonites qui se sont formées plus tardivement en avril-mai sont plus courtes et arrondies (Pl. 1, fig. C à F et J à L) et résultent d'une luminosité plus intense. La calcification des thalles débute seulement au début de juin avec une température de la masse d'eau variant rapidement entre 12°C et 20°C. Le processus de calcification des gyrogonites s'est développé préférentiellement pendant une période de pH élevé atteignant 8 à 9, quand l'eau de

l'étang présentait un aspect trouble et laiteux dû à la précipitation biologique de CaCO_3 (fig. 68B).

En juin et juillet, les gyrogonites nouvellement formées présentent des formes allongées (Pl. 1, fig. O à T) résultant d'une dégradation générale des conditions écologiques de l'étang, où la température et l'intensité lumineuse ont considérablement augmenté. Les cellules spiralées des gyrogonites deviennent nettement concaves conformément à une calcification limitée due à un pH décroissant tombant de 8,5 à 6,5. En juillet et au début d'août 1990 et 1991, des gyrogonites polymorphes de petite taille et souvent faiblement calcifiées ont été observées (Pl. 1, fig. U à Z). Ces morphologies très particulières indiquent la fin du cycle de fructification et de calcification, quand à peu près la moitié de l'eau de l'étang s'est évaporée. A ce moment, les températures critiques atteintes au cours de l'été dans cet environnement confiné et la baisse du niveau de l'eau ont entraîné une forte mortalité chez les Characées

Tableau Résultats isotopiques.
Isotopic data.

Date	pH	t°C (1)	$\delta^{18}\text{O}_{\text{eau}}$ (‰ SMOW)	$\delta^{18}\text{O}/\delta^{13}\text{C}_{\text{calcite}}$ (‰ PDB)	Température d'équilibre	
					(2)	(3)
14 sept. 90	7,5	18	- 9,52	- 3,5/- 14,2 gyrogonites - 6,8/- 5,2 thalles	- 10,1 - 5,8	+ 1,7 + 5,8
16 mars 91	8,5	12				
19 avril 91	8,0	13	- 8,92			
18 mai 91	9,0	12	- 8,25	- 3,4/- 14,3 gyrogonites	- 6,3	- 2,0
15 juin 91	8,5	20	- 4,74			
16 juil. 91	6,5	21	- 2,83	- 10,4/- 10,9 thalles	+ 51,3	+ 55,8
22 juil. 91	7,5	27	- 1,98			

A

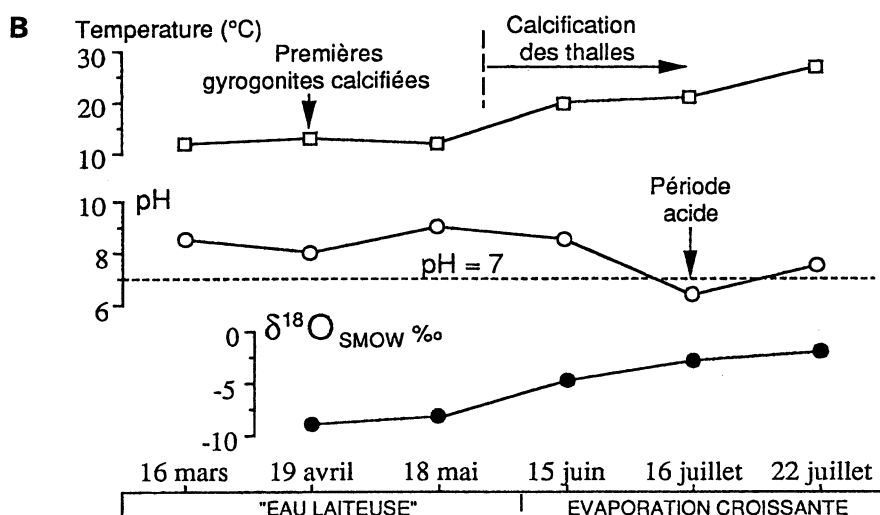


FIG. 68.— A : tableau des paramètres écologiques mesurés et des résultats isotopiques. B : évolution de la température, du pH et de la composition isotopique de l'eau de l'étang au cours du cycle de calcification des Characées (Characées) en 1991. Le phénomène d'"eau laiteuse" (opacité partielle de l'eau de l'étang) est bien visible sur les fig. 67A, B. D'après Huon et Mojon [1994].

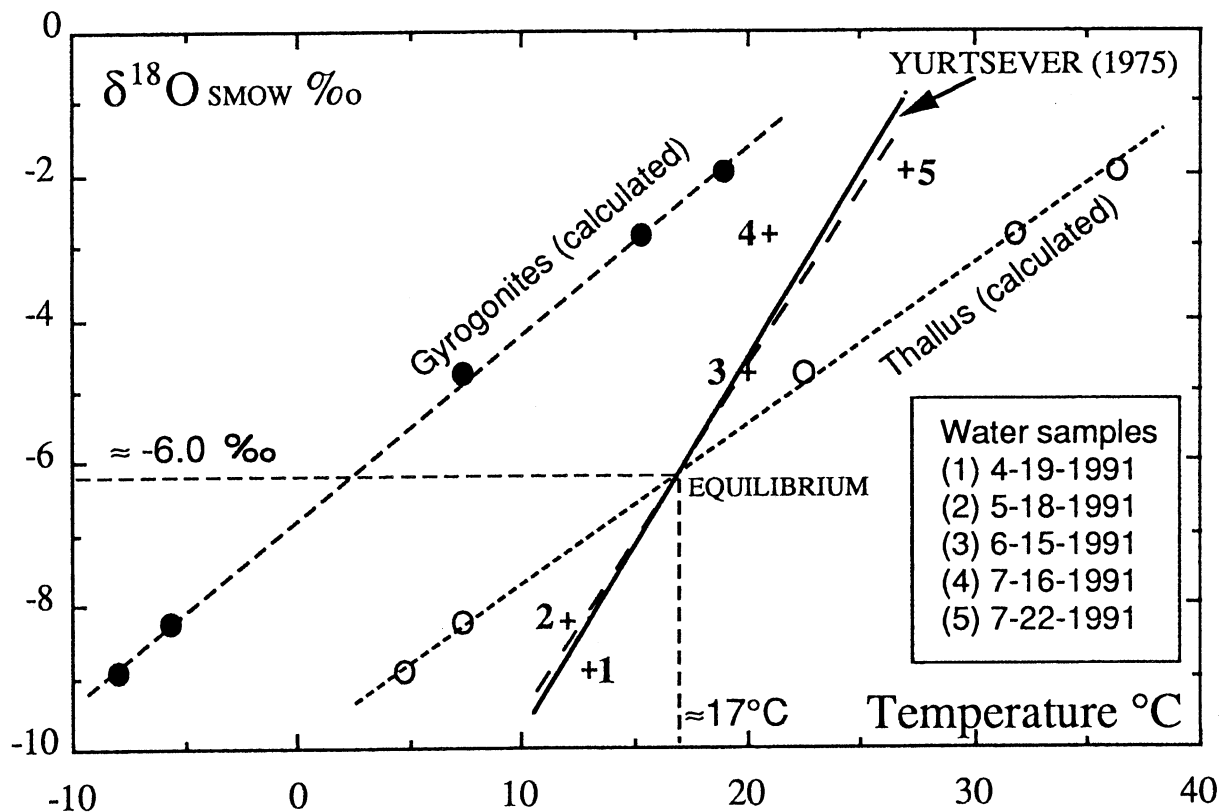


FIG. 69.— Diagramme des températures mesurées et calculées en fonction de la composition isotopique en oxygène lourd (^{18}O) de l'eau de l'étang entre avril et juillet 1991. Les températures mesurées correspondent aux numéros des cinq échantillons d'eau analysés, alors que les températures calculées (théoriques) se rapportent aux résultats des analyses concernant les échantillons de gyrogonites des années 1990-1991 et des thalles calcifiés de l'année 1990. La ligne de précipitation de Yurtsever [1975] suit étroitement la ligne de précipitation-évaporation des échantillons d'eau analysés.

et les Invertébrés aquatiques. Le pH a diminué en conséquence et est devenu légèrement acide (6,5), conjointement à une augmentation importante de la matière organique en décomposition. Une dissolution des gyrogonites et des manchons calcifiés des thalles a donc été observée et s'est poursuivie jusqu'à ce que l'équilibre initial ait été rétabli grâce à l'apport carbonaté compensatoire du sédiment marneux.

Au cours de la période de fructification et de calcification (avril-août) du peuplement de *Chara globularis* du petit étang étudié, la formation de gyrogonites polymorphes peut donc être attribuée principalement à la variabilité de certains paramètres écologiques affectant la masse d'eau de l'étang, tels que :

1. L'intensité lumineuse et la température qui contrôlent via la photosynthèse la croissance des thalles et des oogones.
2. Le pH qui constitue le principal facteur de la calcification des thalles et des gyrogonites.

2.5.2. Données minéralogiques et isotopiques [Huon et Mojon, 1994]

Au point de vue minéralogique, les manchons calcifiés des thalles du peuplement étudié de *Chara globularis* sont constitués de calcite pure, alors que la

calcite des gyrogonites est faiblement magnésienne. Cependant, les gyrogonites d'autres espèces de *Chara* peuvent aussi présenter une minéralogie calcitique ou aragonitique [Pedrola *et al.*, 1990]. Les données isotopiques montrent des compositions identiques en isotopes lourds (^{18}O et ^{13}C) entre les gyrogonites des années 1990-1991 et indiquent donc un processus intracellulaire de calcification s'effectuant dans des conditions équivalentes, indépendamment du milieu. Par contre, la composition isotopique des manchons calcifiés des thalles des années 1990 et 1991 diffère nettement et suggère une altération correspondant à un bouleversement temporaire de l'équilibre écologique de l'étang (phase acide et forte évaporation de juillet 1991). Les mesures ponctuelles de température effectuées en 1991 et l'analyse de la calcification des thalles et des gyrogonites montrent clairement des valeurs en ^{18}O et ^{13}C en déséquilibre isotopique avec celles des échantillons d'eau de l'étang. Ce déséquilibre est important en ce qui concerne la calcite faiblement magnésienne des gyrogonites et traduit ainsi un fractionnement biologique très net des isotopes ^{18}O et ^{13}C lors du processus intracellulaire de calcification de ces gyrogonites, qui correspond à un véritable tri sélectif et préférentiel des isotopes lourds par les cellules spiralées des oogones encore non calcifiés. Il faut souligner à ce propos qu'un fractionnement biologique

des isotopes stables de l'oxygène et du carbone est couramment répandu et a été reconnu chez de nombreux Invertébrés aquatiques à test calcaire tels que notamment les Foraminifères et les Coraux [Erez, 1978 ; Swart, 1983 ; Land, 1989 ; Sackett, 1989]. Par contre, les valeurs mesurées pour la calcite des thalles se rapprochent beaucoup de celles des échantillons d'eau, un équilibre isotopique pouvant théoriquement être atteint avant le stade estival d'évaporation de l'étang en 1991 (fig. 69).

2.6. Conclusions

Le polymorphisme des gyrogonites de *Chara globularis* du petit étang de Suisse occidentale examiné en 1990-1991 dans le cadre de ce travail résulte de facteurs interactifs variés d'ordre essentiellement saisonnier et microclimatique. La morphologie polymorphe des gyrogonites est principalement à mettre en relation avec les variations de l'intensité lumineuse et de la température au sein de la masse d'eau de l'étang, qui affectent directement via la photosynthèse la croissance des organes végétatifs et reproducteurs du peuplement de Characées étudié. Des gyrogonites plutôt allongées et bien calcifiées ont été observées en avril 1991 sous des conditions de faible luminosité, de basse température (12-13°C) et de pH élevé (8-9), alors que celles plus courtes et arrondies se sont développées plus tard en avril-mai 1991 avec l'accroissement saisonnier de la luminosité. Entre juin et août 1991, des gyrogonites "dégénérées" de petite taille, allongées et faiblement calcifiées, se sont formées à la suite de facteurs

écologiques défavorables tels que des conditions extrêmes de température (27°C) et d'ensoleillement ainsi qu'un pH fortement décroissant (8,5 à 6,5).

En 1991, au cours de la période de calcification de *Chara globularis* (avril-août), la composition isotopique de l'eau du petit étang examiné s'est enrichie de 6,9‰ en oxygène lourd (^{18}O) parallèlement à une augmentation de la température de 12°C à 27°C et à l'évaporation de presque la moitié du volume d'eau de l'étang. La calcification intracellulaire des gyrogonites de *Chara globularis* s'est développée dans des conditions de déséquilibre isotopique par rapport à l'eau de l'étang, avec un fractionnement biologique important de l'oxygène lourd (^{18}O) de l'ordre de 3,4-3,5‰ quelle que soit la teneur en ^{18}O de l'eau de l'étang (-8,92‰ à -1,98‰) pendant la période de calcification des gyrogonites (fig. 68). Par contre, la calcification plutôt physico-chimique des thalles apparaît pendant la période d'évaporation croissante de juin, où l'équilibre isotopique entre la calcite des thalles et l'eau de l'étang peut théoriquement être atteinte à une température de 17°C (fig. 69).

Plus globalement, les variations biométriques (y compris le polymorphisme) des fructifications des Charophytes semblent tout à fait comparables à celles affectant le feuillage ou les fleurs des végétaux supérieurs, en fonction des conditions environnementales agissant directement sur les auxines ou hormones végétales de croissance. Lorsque ces conditions sont optimales, la taille des organes végétaux tend vers de grandes dimensions et vice versa quand les paramètres écologiques agissant sur la physiologie cellulaire deviennent moins favorables.

Chapitre 6

BIOZONATION DES CHAROPHYTES DE L'INTERVALLE JURASSIQUE SUPÉRIEUR – CRÉTACÉ DE L'EUROPE OCCIDENTALE

1.– INTRODUCTION

L'évolution et la diversification des Clavatoracées (Charophytes) représente une des caractéristiques importantes du Crétacé [Feist et Wang, 1995]. C'est pourquoi, la biozonation dite "continentale" de l'intervalle Malm-Crétacé ou biozonation M (biozonation Mojon nommée d'après son auteur ; cf. chap. 9, § 2.2-3 et 3 ; chap. 10, § 3) couvrant environ 100 millions d'années (m.a.) est basée essentiellement sur les Clavatoracées en particulier et est constituée de biozones ou "zones de distribution totale" ainsi que cénozones ou "zones d'association mixte" de plusieurs taxons [Thierry *in* Rey *et al.*, 1996], qui s'avèrent d'un usage beaucoup plus précis que les "biozones" établies de façon discutable pour le Crétacé inférieur (fig. 70) d'après des lieux géographiques [Grambast, 1974] ou d'après plusieurs taxons à extensions chronostratigraphiques non synchrones [Martin-Closas, 1989 ; Martin-Closas et Schudack *in* Riveline *et al.*, 1996].

Par rapport aux biozonations d'organismes marins (Ammonites, Calpionelles, Foraminifères, Dinokystes, Nannoplancton), la biozonation M permet de subdiviser chronologiquement les dépôts margino-littoraux ou continentaux du Jurassique terminal – Crétacé inférieur en 10 biozones (lignée phylogénétique des *Hemiglobator-Globator*, Clavatoracées) et du Malm-Crétacé en 22 cénozones dites "continentales" (fig. 71).

L'élaboration de la biozonation M a débuté d'abord pour le Berriasien [Mojon *in* Détraz et Mojon, 1989] et a été complétée progressivement [Mojon, 1996 ; ce travail ; fig. 70-71] pour constituer un outil de datation et de corrélation supplémentaire par rapport à la palynologie des aires continentales (spores et pollens). La biozonation M commence dans le Malm avec l'apparition des premières Clavatoracées de la Cénozone continentale nommée M0, en considérant que cette biozonation basée essentiellement sur les Clavatoracées concerne en particulier le Crétacé. La biozonation des Charophytes du Crétacé inférieur a été basée sur les lignées phylogénétiques des *Hemiglobator-Globator* et des *Perimneste-Atopochara*, formes de relativement grande taille qui présentent l'avantage pratique d'être très couramment répandues et largement réparties en Europe occidentale. Les petites formes des genres *Clypeator*, *Triclypella*, *Hemiclavator*, *Pseudoglobator*, *Favargerella* et *Embergerella* utilisées par Martin-Closas [1989] étant beaucoup trop rares et disséminées

pour servir de références à une biozonation. De même, le polymorphisme des Porocharacées [Mojon, 1989a, 1989b] ainsi que la relative rareté et le peu de différenciation des Characées rend également ces familles de Charophytes quasiment inutilisables dans un cadre biostratigraphique précis.

La biozonation des Charophytes du Crétacé supérieur, établie d'après une synthèse originale des données existantes et déjà publiées, regroupe aussi des *Atopochara* (pour sa partie inférieure) ainsi que d'autres Clavatoracées remarquables telles que les *Septorella* du Maastrichtien, et surtout de nouvelles Characées et Raskyellacées proches de celles du Tertiaire inférieur. Toutefois, les Cénozones continentales M"13", M"14", M"15a" et M"15b" du Crétacé supérieur doivent être placées entre guillemets, car encore provisoires à cause de la lacune d'environ 5 millions d'années du Sénonien inférieur (Coniacien-Santonien) dans la documentation paléontologique des Charophytes. Une corrélation directe des cénozones continentales de Charophytes avec les biozonations des Ammonites ou des Calpionelles n'a pu être établie avec certitude que pour l'intervalle Oxfordien moyen - Kimméridgien inférieur [Mojon et Mouchet, 1992] et le Berriasien [données de Détraz et Mojon, 1989 confirmées par Blanc, 1996]. Pour le reste du Crétacé, toute autre corrélation avec la zonation des Ammonites reste hautement hypothétique.

C'est pourquoi, la corrélation de l'échelle biostratigraphique des Charophytes avec les étages du Crétacé est basée en majeure partie sur un découpage séquentiel établi à partir d'événements eustatiques "globaux" caractérisés par la mise en place de faciès marins dans les séries à Charophytes étudiées en Europe occidentale.

2.– JURASSIQUE SUPÉRIEUR (MALM : OXFORDIEN – TITHONIEN)

Cénozone M0a (Oxfordien – Kimméridgien inférieur)

Echinochara pecki (MÄDLER, 1952) GRAMBAST, 1965.

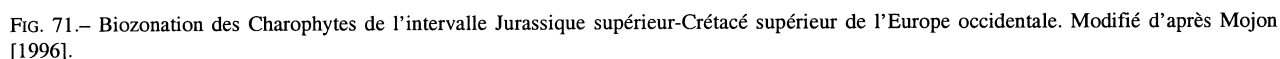
Nodosoclavator sp. [*in* Schudack, 1993].

Porochara sulcata GRAMBAST-FESSARD, 1985 [*in* Grambast-Fessard et Ramalho, 1985].

Porochara cf. *jargaraensis* SHAIKIN & SAIDAKOVSKI, 1976 [*in* Shaïkin, 1976 ; *in* Grambast-Fessard et Ramalho, 1985].

Etages	Cénozones continentales (MOJON 1996)	Zonation et "âges présumés" selon GRAMBAST (1974)	Zonation et "âges présumés" selon MARTIN-CLOSAS (1989)
Cénomanién	M11	Zone de Simeyrols "Cénomanién"	NON NOMMÉE
Albien	M10	Zone de Zaval "Albien"	"Biozone" à <i>Restricta-Caperata</i> "Albien sup.-Cénomanién?"
Aptien supérieur	M9	Zone de Tincup Creek "Aptien"	"Biozone" à <i>Trivolvris-Lusitanica</i> "Aptien sup.-Albien moyen"
Aptien inférieur	M8b	Zone de San Carlos "Barrémien sup."	"Biozone" à <i>Cruciata-Paucibracteatus</i> "Barrémien sup.-Aptien inf."
Barrémien supérieur	M8a	Zone d'El Mangraner	"Biozone" à <i>Calciatrapus Triquetra-Neimongolensis</i> s.-z. à <i>Calciatrapus</i> "Barr. inf."
Barrémien inférieur	M7b	"Barrémien inf."	s.-z. à <i>Triquetra</i> "Barr. basal-Haut. term."
Hauterivién	M7a	Zone d'Olba "Hauterivién"	"Hauterivién"
Valanginién supérieur	M6	NON RECONNUES	"Biozone" à <i>Ancora-Trochiliscoides</i>
Berriasien inférieur	M5b		"Valanginién"
Berriasien terminal	M5		"Berriasien sup. terminal"
Berriasien supérieur	M5a	Zone de la Nurra "Valanginién"	"Biozone" à <i>Nurrensis</i> "Berriasien sup."
Berriasien moyen	M4	Zone de Bienne "Valanginién basal"	"Biozone" à <i>Micrandra-Incrassata</i> "Berriasien moyen"
Berriasien inférieur	M3	Zone de La Chaux	"Biozone" à <i>Horrida-Maillardi</i>
Tithonien	M2	"Berriasien"	"Tithonique-Berriasien inf."
Kimméridgien	M1b		
	M1a		
	M0b		
Oxfordien	M0a	NON RECONNUES	NON RECONNUES

FIG. 70.- Tableau comparatif des biozonations de Charophytes (Clavatoracées) de l'intervalle Jurassique supérieur-Crétacé supérieur basal de l'Europe occidentale proposées par Grambast [1974], Martin-Closas [1989] et Mojon [modifié, 1996].



Cénozone M0b (Kimméridgien *pro parte* – Tithonien *pro parte*).

- Dictyoclavator ramalhoi* GRAMBAST-FESSARD, 1985 [in Grambast-Fessard et Ramalho, 1985].
- Clypeator discordis* SHAÏKIN, 1976 [= *Clypeator* sp. in Grambast, 1970 ; extension jusque dans le Berriasien basal qui caractérise également la Cénozone M1a].
- Clavator* sp. 1 J3 [in Schudack, 1993].
- Stellatochara rostrata* SCHUDACK, 1990 (rare, 2 spécimens du Kimméridgien d'Allemagne du Nord).

Taxons communs aux Cénozones continentales M0a* et M0b.

- Porochara jaccardi* (HEER, 1865) MOJON, 1989.
- **Porochara* gr. *kimmeridgensis* (MÄDLER, 1952) MÄDLER, 1955 emend. MOJON, 1989 (extension jusque dans le Barrémien comprenant probablement plusieurs espèces).
- Porochara fusca* (MÄDLER, 1952) MÄDLER, 1955.
- **Peckisphaera verticillata* (PECK, 1937) GRAMBAST, 1962.
- **Aclistochara bransoni* PECK, 1937 emend. PECK, 1957 (espèce très caractéristique de la Formation Morrison, Jurassique sup. de l'Ouest des U.S.A.).
- Aclistochara polyspirata* MÄDLER, 1952 [extension jusque dans le Berriasien ; in Schudack, 1993].
- Aclistochara thorenensis* MÄDLER, 1952 (= *Aclistochara minor* SCHUDACK, 1990).
- Mesochara* gr. *harrisi* (MÄDLER, 1952) SHAÏKIN 1967 (extension jusque dans le Bédoulien).
- Mesochara canellata* (MÄDLER, 1952) SHAÏKIN, 1967.
- Mesochara voluta* (PECK, 1937) GRAMBAST, 1965.
- Latochara latitruncata* (PECK, 1937) MÄDLER 1955.

Remarques sur la biozonation des Charophytes du Jurassique supérieur.

En Europe occidentale, *Echinochara pecki* représente la plus ancienne Clavatoracée connue et précisément datée [Oxfordien moyen du Jura septentrional franco-suisse ; Mojon, 1989b], qui doit être différenciée de *Echinochara spinosa* PECK, 1957 du Malm de l'Amérique du Nord [Kimméridgien-Tithonien ; Kowallis *et al.*, 1991].

En effet, la mise en synonymie de ces deux taxons très proches [Grambast, 1965 ; Martin-Closas, 1989 ; Schudack, 1990 ; Mojon et Mouchet, 1992] a été basée essentiellement sur la structure des thalles (organes végétatifs), qui est identique, et non pas sur celle des fructifications (utricules) très difficile à caractériser dans le cas de *E. pecki* faute de matériel suffisamment bien conservé.

Cependant, les remarquables échantillons de fructifications de *E. pecki* du Kimméridgien d'Allemagne du Nord (formes dégagées) figurés plus récemment par Schudack [1993] permettent d'affirmer que *E. pecki* et *E. spinosa* sont effectivement des taxons différents, les

utricules de *E. spinosa* possédant une symétrie externe bien connue d'ordre 6 alors que ceux de *E. pecki* présentent une symétrie d'ordre 3 [Martin-Closas, 1996] plus ancienne et primitive (structure évolutive de base pour les utricules des *Atopocharoideae*).

Concernant les autres Clavatoracées, il est important de relever dans le cadre biostratigraphique et phylogénétique de ce travail que des utricules de *Nodoso-clavator* sp. ont été également récoltés dans les dépôts de l'Oxfordien terminal de l'Allemagne du Nord [éch. M. Feist in Schudack, 1993].

Plus tardivement, *Clypeator discordis* apparaît dans la partie supérieure du Kimméridgien de l'Espagne [Schudack, 1987a, 1993], cette attribution stratigraphique résultant de l'association de *C. discordis* avec des Ostracodes laguno-lacustres d'affinité jurassique tels que *Rhinocypris jurassica* (MARTIN), *Cetacella striata* (HELM DACH) et *Cetacella armata* MARTIN [in Anderson et Bazley, 1971 ; in Schudack, U., 1989, 1994].

D'autre part, *Dictyoclavator ramalhoi* caractérise le Kimméridgien (à l'exception de sa partie basale) de l'Europe occidentale, tandis que *Clavator* sp. 1 J3 n'est représenté que dans le Tithonien de l'Allemagne du Nord exclusivement [Schudack, 1993].

Enfin, *Hemiglobator rectispirale* est localisé dans le Tithonien terminal et le Berriasien basal de l'Europe occidentale (partie basale du Lower Purbeck anglais et du Purbeckien du Portugal) ainsi que de l'Afrique du Nord (Monts de Chellala, Algérie) d'après Feist [in Feist *et al.*, 1995]. À ce titre, ce taxon caractérise la Cénozone continentale M1a.

3.- CRÉTACÉ INFÉRIEUR

Cénozone M1a (Tithonien terminal/"Portlandien" - Berriasien basal/Volgien terminal).

- Hemiglobator rectispirale* (FEIST, 1995) MOJON, 2002.
- Clypeator discordis*.
- Dictyoclavator fieri* (DONZE, 1955) GRAMBAST, 1966.

Cénozone M1b (Berriasien inférieur).

- Hemiglobator praecursor* (MOJON 1989) MOJON, 2002.
- Dictyoclavator fieri*.

Cénozone M2 (partie supérieure du Berriasien inférieur).

- Hemiglobator protoincrassatus* ((MOJON 1989) MOJON, 2002.

Cénozone M3 (Berriasien inférieur terminal).

- Hemiglobator maillardi* (DE SAPORTA, 1891) MOJON, 2002.

Cénozone M4 (Berriasien moyen, partie inférieure du Ryazanien boréal).

Hemiglobator neocomiensis MOJON, 2002.
Dictyoclavator neocomiensis MOJON, 1989.

Taxons communs aux Cénozones continentales M1a, M1b, M2, M3 et M4.

Perimneste horrida HARRIS, 1939.
Perimneste micrandra GRAMBAST, 1967.
Nodosoclavator bradleyi (HARRIS, 1939) MASLOV, 1961.
Clavator reidi GROVES, 1924.
Flabellochara grovesi (HARRIS, 1939) GRAMBAST, 1962.
Porochara maxima (DONZE, 1955) DONZE, 1958 emend. MOJON, 1989.
Porochara jaccardi.
Porochara fusca.
Mesochara gr. harrisi.
Mesochara stipitata (WANG, S., 1965) WANG, Z., 1981.

Il faut ajouter à cette liste des taxons restreints uniquement au Volgien terminal-Ryazanien (Berriasien) du domaine boréal [Sud de l'Angleterre et Allemagne du Nord ; Feist *et al.*, 1995 ; Schudack, 1990, 1993] :

Clavator reidi pseudoglobatoroides SCHUDACK, 1993.
Latochara mensinki SCHUDACK, 1990.
Latochara collina PECK, 1957 (espèce de la Formation Morrison, Jurassique sup. de l'Ouest des U.S.A.).
Aclistochara thoerenensis (= *Aclistochara minor* SCHUDACK, 1990).
Aclistochara bransoni (?).
Peckisphaera verticillata [connue jusque dans l'Aptien sup. de l'Ouest des U.S.A. ; Peck, 1957].
Peckisphaera glypta (PECK, 1934) FEIST & GRAMBAST-FESSARD, 1982), [espèce connue dans le Dogger/ ? Bajocien des U.S.A. ; Peck, 1957].
Mesochara voluta [extension jusque dans le Barrémien ; in Schudack, 1993].
Mesochara canellata.

Remarques sur la biozonation des Charophytes du Berriasien inférieur-moyen.

Par rapport aux Cénozones M0 du Jurassique supérieur (Malm), l'assemblage de Charophytes du Crétacé basal du domaine boréal est constitué de taxons "reliques" ayant subsistés lors du passage Jurassique-Crétacé en formant une "flore de passage" vers celles qui caractérisent typiquement le Crétacé. De plus, il apparaît clairement que les *Latochara* du Crétacé ont une répartition exclusivement boréale en Europe occidentale.

Cénozone M5a (Berriasien supérieur, partie supérieure du Ryazanien boréal).

Hemiglobator nurrensis (PECORINI, 1969) MOJON, 2002.
Flabellochara grovesi.

Cénozone M5b (Berriasien terminal).

Hemiglobator steinhauseri (MOJON, 1989) MOJON, 2002.
Perimneste ancora GRAMBAST, 1967 (rare).
Favargerella stellata (MARTIN-CLOSAS & GRAMBAST-FESSARD, 1986) MOJON, 1996.
Flabellochara harrisi (PECK, 1941) GRAMBAST, 1959.

Taxons communs aux Cénozones continentales M5a et M5b (Berriasien supérieur).

Perimneste micrandra.
Nodosoclavator bradleyi.
Hemiclavator adnatus [= *Nodosoclavator* sp. in Martin-Closas et Salas, 1988 ; formes primitives apparaissant déjà dans la partie supérieure de la Cénozone M5a des Marnes vertes infracrétacées ou faciès "purbeckiens" de la Basse-Provence ; Mojon in Virgone, 1997].
Porochara jaccardi.
Porochara maxima.
Porochara fusca.
Feistiella bijuescensis SCHUDACK, 1986.
Mesochara spp.
Mesochara sp. 1 C1 [in Schudack, 1990, 1993].
Peckisphaera sp. 1 C1 [ibid.].
Peckisphaera glypta [Wealdien terminal de l'Allemagne du Nord-Hollande, passage Ryazanien-Valanginien ; in Schudack, 1990, 1993].

Cénozone M6 (Valanginien inférieur).

Hemiglobator incrassatus (MARTIN-CLOSAS & GRAMBAST-FESSARD, 1986) MOJON, 2002.
Perimneste micrandra.
Perimneste ancora.
Hemiclavator adnatus (MARTIN-CLOSAS & GRAMBAST-FESSARD, 1986) SCHUDACK, 1989.
Favargerella stellata.
Flabellochara harrisi.
Flabellochara xiangyunensis WANG, Z., HUANG & WANG, S., 1976 [in Feist *et al.*, 1995].
Clypeator britannicus FEIST, 1995 [in Feist *et al.*, 1995].
Porochara maestratica (MARTIN-CLOSAS & GRAMBAST-FESSARD, 1986) SCHUDACK, 1989.
Porochara maxima.
Porochara spp.
Mesochara spp.
Sphaerochara aff. andersoni.

Remarques sur la biozonation des Charophytes du Berriasien – Valanginien inférieur.

À partir du Valanginien inférieur, les populations de gyrogonites de *Porochara maestratica* remplacent celles de *Porochara jaccardi* dont elles se différencient nettement par leur morphologie en moyenne beaucoup plus globuleuse-arrondie.

Il faut aussi relever notamment que certaines étapes évolutives de la lignée phylogénétique des *Hemiglobator* annoncent à deux reprises au Berriasien-

Valanginien un événement transgressif majeur. Ainsi, les passages M1b/M2 et M5a/M5b précèdent dans le Jura franco-suisse l'installation des calcaires marins du Marbre bâtard (Berriasien moyen) et de la Formation de la Chambotte (Berriasien terminal-Valanginien inférieur).

Ces événements eustatiques globaux à l'échelle de l'Europe occidentale se retrouvent ailleurs dans le domaine boréal [Cinder Beds du Middle Purbeck anglais pour le Berriasien moyen ; Blanc et Mojon, 1996] et le domaine téthysien [Calcaires Blancs Supérieurs de la Basse-Provence in Babinot *et al.*, 1971 et Calcaires de Herbers du Maestrazgo in Martin-Closas et Salas, 1989 pour le Valanginien inférieur]. L'âge valanginien inférieur de la Formation de la Chambotte du Jura et des Calcaires Blancs Supérieurs de Basse-Provence et du Maestrazgo est indiqué par des Foraminifères benthiques caractéristiques [Azéma *et al.*, 1976] tels que *Pfenderina neocomiensis* (PFENDER) et *Valdanchella miliani* (SCHROEDER).

La Cénozone continentale M5b a été retrouvée dans le Maestrazgo au niveau de la Formation El Mangraner et des Calcaires des Polacos de l'Avellà attribuables au Berriasien terminal, où elle est notamment caractérisée [Martin-Closas et Salas, 1988] par l'apparition de *Perimneste ancora*, *Favargerella stellata* et *Flabellochara harrisi*, en Basse-Provence [Mojon in Virgone, 1997], ainsi qu'en Roumanie [Dobrogea ; Malz, 1969] où sont présents *Hemiglobator steinhauseri* et *Hemiclavator adnatus* (formes primitives) associés à des Ostracodes laguno-lacustres tels que *Macrodentina* gr. *mediotrista* et des *Cypridea* finement tuberculés.

La Cénozone continentale M6 d'âge valanginien inférieur caractérise les Calcaires de Herbers du Maestrazgo (localité-type d'El Mangraner) et a également été reconnue dans de minces niveaux marneux de la partie inférieure des Calcaires Blancs Supérieurs de la région de Toulon (carrière du Fort St-Antoine) en Basse-Provence. Dans les Calcaires de Herbers, plusieurs populations de *Perimneste micrandra* du Valanginien inférieur présentent certains morphotypes de grande taille à larges anthéridies ♂ attribuables à *Perimneste horrida*, dont l'apparition résulte probablement de conditions paléocéologiques exceptionnellement favorables au développement des utricules (milieu franchement lacustre).

L'influence de l'environnement semble également déterminante en ce qui concerne l'évolution de la lignée phylogénétique des *Hemiglobator-Globator*, où l'acquisition d'une nouvelle morphologie par les *Hemiglobator* des Cénozones M2/M4 et M5b/M6 résulterait chaque fois d'une adaptation à un brusque changement paléocéologique faisant suite à une élévation rapide du niveau marin et correspondant ainsi principalement à une hausse de la salinité dans les milieux laguno-lacustres margino-littoraux.

Ces nouvelles morphologies peuvent encore régresser parfois temporairement (homoplasie) en

traduisant ainsi l'instabilité de leur génôme, comme par exemple dans le cas de *H. maillardi* (Cénozone continentale M3) du Berriasien inférieur terminal du Jura franco-suisse caractérisée par la réinstallation brève et locale de paléoenvironnements typiquement lacustres (région de St-Claude, Jura français central). La fixation définitive de nouveaux caractères morphologiques à signification évolutive ne se réalise sous une forme nettement accentuée qu'avec la stabilisation du niveau marin au profit de la progradation des milieux margino-littoraux, avec l'apparition des nouveaux taxons caractérisant respectivement les Cénozones continentales M4 (*H. neocomiensis*, Berriasien moyen) et M6 (*H. incrassatus*, Valanginien inférieur).

La lignée phylogénétique des *Hemiglobator* présenterait donc des exemples remarquables de mutations dictées par les variations eustatiques du niveau marin, qui affectent aussi certains Ostracodes laguno-lacustres du genre *Cypridea* [*Cypridea* gr. *granulosa* ; Mojon in Détraz et Mojon, 1989 ; in Blanc et Mojon, 1996] avec l'apparition de nouvelles formes conjointement à celles des Charophytes du genre *Hemiglobator* : *Hemiglobator protoincrassatus* et *Cypridea granulosa granulosa* de la Cénozone M2 ainsi que *Hemiglobator neocomiensis* et *Cypridea granulosa fasciculata* de la Cénozone M4, dans l'intervalle Berriasien inférieur terminal - Berriasien moyen basal. Ces observations sont d'une grande importance pour l'analyse séquentielle, car elles confirment parallèlement aux changements de faciès l'existence de deux événements transgressifs majeurs aux limites Berriasien inférieur/moyen et Berriasien/Valanginien.

Dans le domaine boréal, les Charophytes du Valanginien inférieur (Wadhurst Clay et Grinstead Clay du Sud de l'Angleterre) sont pauvrement représentées par quelques taxons seulement, qui sont très localisés géographiquement : *Flabellochara xiangyunensis*, *Clypeator britannicus* et *Sphaerochara* aff. *andersoni* [in Feist *et al.*, 1995].

Cénozone M7a (Valanginien supérieur – Hauterivien).

Globator mutabilis (MOJON, 1996) MOJON, 2002 (formes primitives).

Perimneste micrandra.

Perimneste ancora.

Hemiclavator neimongolensis posticeptus (MARTIN-CLOSAS & GRAMBAST-FESSARD, 1986) MARTIN-CLOSAS, 1996 (sommet de la Cénozone continentale M7a).

Hemiclavator adnatus.

Clypeator gautieri GRAMBAST, 1970.

Flabellochara harrisi.

Favargerella stellata.

Porochara maestratia.

Porochara spp.

Mesochara spp.

Cénozone M7b (Barrémien inférieur).

Globator mutabilis (MOJON, 1996) MOJON, 2002 (formes évoluées).

Atopochara trivolis triquetra GRAMBAST, 1968 (formes primitives de petite taille : longueur/hauteur = 600 à 800 µm ; largeur = 650 à 950 µm).

Perimneste micrandra.

Perimneste ancora.

Hemiclavator neimongolensis posticecaptus.

Hemiclavator adnatus.

Pseudoglobator fourcadei GRAMBAST, 1969 [in Martin-Closas, 1996].

Clypeator "gautieri" (formes de passage à *Clypeator combei*).

Flabellochara harrisi (F. nudus).

Favargerella stellata.

Porochara maestratica.

Porochara spp.

Mesochara spp.

Cénozone M8a (Barrémien supérieur).

Globator trochiliscoides GRAMBAST, 1966.

Atopochara trivolis triquetra (formes évoluées de taille moyenne : longueur/hauteur = 650 à 950 µm ; largeur = 700 à 1000 µm).

Perimneste vidua GRAMBAST, 1967.

Triclypella calcitrapa GRAMBAST, 1969.

Embergerella triquetra GRAMBAST, 1969.

Ascidella iberica GRAMBAST, 1966b.

Hemiclavator neimongolensis neimongolensis WANG & LU, 1982.

Hemiclavator neimongolensis posticecaptus.

Hemiclavator adnatus.

Clypeator combei GRAMBAST, 1970.

Flabellochara harrisi (F. nudus).

Favargerella lata (MARTIN-CLOSAS, 1996) MOJON, 1996.

Pseudoglobator fourcadei [in Martin-Closas, 1996].

Echinochara sp. [forme d'affinité douteuse ; in Martin-Closas, 1989].

Porochara maestratica.

Porochara spp.

Mesochara spp.

Sphaerochara andersoni FEIST, 1995 [in Feist et al., 1995].

Remarques sur la biozonation des Charophytes du Valanginien supérieur – Hauterivien et du Barrémien.

Au niveau structural, les utricules de *Perimneste ancora* et des *Atopochara trivolis triquetra* de type primitif sont aussi très comparables à ceux de *Perimneste vidua*, mais en diffèrent toutefois nettement en ne présentant plus que des anthéridies ♂ résiduelles et une calcification beaucoup moins développée. Il faut aussi relever que *Perimneste vidua* semble dériver de *Perimneste micrandra* et ne s'en distingue que par des

anthéridies ♂ légèrement réduites ainsi qu'un accroissement particulièrement important de la taille des utricules, qui restent très fortement calcifiés.

Dans le Jura central, l'intervalle transgressif aboutissant au dépôt des marnes hémipélagiques hauteriviennes débute dès le Valanginien supérieur au niveau des Calcaires roux limoniteux (cf. chap. 3, § 3.2-3). Dans la coupe de référence d'El Mangraner (Maestrazgo, N.-E. de l'Espagne), la corrélation de la Cénozone continentale M7a avec cette importante transgression est basée sur l'apparition massive de Dasycladacées (Salpingoporelles) et de Foraminifères benthiques (Choffatelles) dans la partie inférieure de la Formation El Cantaperdius, ce qui traduit nettement un changement paléocéologique majeur, les Calcaires de Herbers à dominance lacustre ayant fait place à des milieux de dépôt sous influence marine prononcée qui se maintiennent jusque dans la partie supérieure de la Formation El Cantaperdius.

À ces dépôts valanginiens-hauteriviens succèdent les calcaires rubéfiés et les argiles latéritiques de la partie supérieure de la Formation El Cantaperdius, qui correspondent à des émergences généralisées dans le bassin du Maestrazgo. Les premiers horizons de calcaires rubéfiés et d'argiles latéritiques à pisolithes sont caractérisés par les assemblages de Charophytes des Cénozones M7a (remaniée) et M7b traduisant une phase d'émergence maximale attribuée au Barrémien inférieur, une période de très bas niveau relatif moyen de la mer d'après les données concernant la plate-forme urgonienne des massifs subalpins du SE de la France [Arnaud et Arnaud-Vanneau, 1989 ; Arnaud-Vanneau et Arnaud, 1990, 1991].

Au-dessus, d'autres niveaux d'argiles latéritiques nettement moins altérées et dégradées que les précédentes ont livré l'assemblage de Charophytes de la Cénozone M8a (localité-type du Cabo del Termino ou "Cap de Terme" près de Tarragone). La présence de quelques organismes marins (Orbitolinidés et Ostracodes) dans les niveaux supérieurs de la Cénozone M7b (coupe de Les Rases, Maestrazgo) indique une lente remontée du niveau marin au Barrémien, qui annonce la transgression bédoulienne.

L'assemblage de Charophytes de la Cénozone M8a permet de caractériser celui du niveau lacustre du Plateau d'Andey dans le massif des Bornes (Chaînes subalpines septentrionales du S.-E. de la France) attribué récemment au Barrémien supérieur grâce à des Orbitolinidés d'intérêt biostratigraphique comme *Paracoskinolina reicheli* (GUILLAUME) en particulier et aussi au découpage séquentiel de l' "Urgonien" subalpin [Arnaud et Arnaud-Vanneau, 1991].

L'assemblage de Charophytes de la Cénozone continentale M8a se distingue notamment de celui de la Cénozone M7b par la disparition de *Perimneste micrandra* (utricules sphériques d'assez grande taille) et de *Perimneste ancora*, ainsi que par la présence d'utricules de forme évoluée d'*Atopochara trivolis*

triquetra dont les dimensions restent cependant encore relativement modestes en moyenne par rapport aux populations du Bédoulien.

La révision des Charophytes du Plateau d'Andey en fonction des assemblages-types de l'intervalle Hauterivien-Aptien inférieur du Maestrazgo [in Martin-Closas, 1989] permet d'en préciser l'âge (initialement barrémien inférieur) et l'inventaire original [Mojon in Blondel *et al.*, 1986 ; Mojon, 1988b ; Mojon et Médus, 1990]. L'assemblage de Charophytes du Plateau d'Andey comprend en plus des *Atopochara trivolis triquetra* de la Cénozone M8a, *Hemiclavator adnatus* (sections de thalles et d'utricules initialement attribués à la lignée phylogénétique des *Nodosoclavator-Pseudoglobator*) et *Porochara maestratia* (petites formes).

La corrélation possible du niveau lacustre des faciès urgoniens du Plateau d'Andey (SE de la France) avec les argiles latéritiques et les calcaires rubéfiés du sommet de la Formation El Cantaperdius du NE de l'Espagne démontre bien l'âge barrémien supérieur de ces niveaux. Dans le Jura suisse occidental, le remplissage du paléokarst affectant le sommet des Calcaires urgoniens [Charollais *et al.*, 1994] a livré quelques *Atopochara trivolis triquetra* remaniées attribuables avec certitude à la Cénozone M8 [M8b d'après Mojon in Blanc-Alétru, 1995 ; le rare matériel récolté n'excluant toutefois pas formellement M8a] et qui permettent d'affirmer que ce paléokarst est également contemporain des calcaires rubéfiés du sommet de la Formation El Cantaperdius. Au-dessus, la partie inférieure de la Formation Les Artoles du Maestrazgo est constituée par d'épais dépôts transgressifs marno-calcaires d'âge aptien inférieur (Bédoulien), caractérisés par des assemblages mixtes de Charophytes (Cénozone continentale M8b) et d'organismes marins (Foraminifères benthiques : Orbitolinidés et Choffatelles, Ostracodes, Échinodermes, Lamelli-branches : Ostréides, petits Inocérames et autres formes, Gastéropodes) comme dans le Bédoulien marno-calcaire du Jura et des Chaînes subalpines septentrionales du SE de la France [Mojon, 1988b ; Mojon et Médus, 1990].

L'importante émergence du Barrémien supérieur est également représentée par des dépôts marneux à *Atopochara trivolis triquetra* (formes évoluées de taille moyenne) dans les Pyrénées basco-béarnaises [Martin-Closas et Peybernès, 1987] et en Aquitaine [Argiles du Latéolog ; Mojon et Médus, 1990].

Cénozone M8b (Aptien inférieur = Bédoulien).

Globator trochiliscoides.

Atopochara trivolis triquetra (formes évoluées de grande taille : longueur/hauteur = 550 à 1050 µm ; largeur = 550 à 1250 µm).

Pseudoglobator paucibracteatus MARTIN-CLOSAS & GRAMBAST-FESSARD, 1986.

Asciidiella inflata GRAMBAST-FESSARD, 1986.

Embergerella cruciata GRAMBAST, 1969.

Hemiclavator neimongolensis neimongolensis (partie inférieure du Bédoulien).

Lucernella ampullacea GRAMBAST & LORCH, 1968.

Favargerella lata.

Flabellochara harrisi.

Flabellochara nehdenensis (SCHUDACK, 1987b) MOJON, 1996.

Clypeator combei (partie inférieure du Bédoulien).

Clypeator jiuquanensis (WANG, S., 1965) GRAMBAST, 1970 (= *Clypeator europeus* MÄDLER).

Porochara maestratia.

Porochara spp.

Peckisphaera kampmanni SCHUDACK, 1987b.

Peckisphaera verticillata (= *Peckisphaera asema* GRAMBAST & LORCH, 1968).

Mesochara symmetrica (PECK, 1957) GRAMBAST, 1962.

Mesochara spp.

Remarques sur la biozonation des Charophytes de l'Aptien inférieur (Bédoulien).

La Cénozone continentale M8b du Bédoulien a d'abord été reconnue et établie formellement dans les faciès urgoniens de la Chartreuse occidentale [Chaînes subalpines septentrionales du SE de la France, Alpes occidentales ; Mojon, 1988b ; Mojon et Médus, 1990 ; Mojon, 1996] et présente une extension mondiale d'après les *Atopochara trivolis triquetra* évoluées qui la caractérisent.

Signalée en Grèce (Parnasse) par Combes *et al.* [1981], *Lucernella ampullacea* fait partie de la flore de Charophytes bédoulienne du Proche-Orient [Liban et Israël ; Grambast et Lorch, 1968] caractérisée par des formes évoluées de grande taille d'*Atopochara trivolis triquetra*. Cette flore de Charophytes très particulière comprend également d'autres taxons comme *Lucernella deltea* GRAMBAST & LORCH ainsi que *Asciidiella reticulata* GRAMBAST & LORCH et a d'abord été considérée comme gargasienne par Grambast [1974].

De nombreux niveaux aptiens à Charophytes de l'Italie méridionale [Sirna, 1963 ; Baratollo et De Castro, 1991], qui se retrouvent jusqu'en Algérie [Fourcade et Raoult, 1973], doivent également être attribués au Bédoulien plutôt terminal d'après le degré évolutif avancé des *Atopochara trivolis triquetra* qu'ils ont livré en abondance ainsi que les Orbitolines récoltées juste au-dessus telles que *Orbitolina (Mesorbitolina) texana* (ROEMER) de l'intervalle Gargasien-Albien et *Orbitolina (Mesorbitolina) parva* DOUGLASS de l'intervalle Gargasien-Clansayésien [Cherchi *et al.*, 1978].

En Europe septentrionale (Allemagne), la paléokarst barrémo-aptien de Nehden étudié par Schudack [1987b] présente deux associations superposées et mélangées de Charophytes. La première est constituée par *Perimneste vidua* (utricules très corrodés) et est contemporaine de la formation du karst au Barrémien supérieur (Cénozone M8a). La seconde correspond au remplissage du karst et

comprend notamment les utricules bien conservés de *Clypeator jiuquanensis* de la Cénozone M8b d'âge aptien inférieur (Bédoulien).

Toujours dans le domaine boréal, les Cénozones de Charophytes M8a et M8b du Barrémien supérieur et du Bédoulien sont également représentées en Angleterre dans le Weald Clay par *Atopochara trivolis triquetra* (formes évoluées), *Triclypella calcitrapa*, *Asciidiella iberica*, *Clypeator combei* et *Sphaerochara andersoni* [in Feist *et al.*, 1995]. Globalement, tous les niveaux émergifs placés dans la partie supérieure de l'Aptien inférieur de l'Europe méridionale et septentrionale correspondent à la discontinuité émergitive d'âge bédoulien terminal de l'"Urgonien" des Chaînes subalpines septentrionales du SE de la France (Chartreuse et Vercors), située juste au-dessous des "Couches supérieures à Orbitolines" [Arnaud-Vanneau, 1980].

Cénozone M9 (Aptien supérieur = Gargasien et Clansayésien).

Atopochara trivolis trivolis PECK, 1938 [in Rey et Ramalho, 1974].

Clypeator jiuquanensis (partie basale du Gargasien).

Clypeator lusitanicus GRAMBAST-FESSARD, 1980a.

Asciidiella irregularis GRAMBAST-FESSARD, 1986.

Embergerella cruciata.

Flabellochara harrisi.

Flabellochara reyi (GRAMBAST-FESSARD, 1980a) MOJON, 1996.

Peckisphaera verticillata.

Remarques sur la biozonation des Charophytes de l'Aptien supérieur.

Dans le cadre de l'Europe occidentale, la flore de Charophytes caractérisant la Cénozone continentale M9 n'a jusqu'à présent été reconnue qu'en Algarve (Portugal). En Amérique du Nord (Ouest des U.S.A. et Nord du Mexique), la Cénozone M9 caractérisée par *Atopochara trivolis trivolis*, *Flabellochara harrisi* et *Clypeator corrugatus* (PECK, 1941) GRAMBAST, 1962 présente par contre une large répartition géographique [Peck, 1957 ; Soulié-Märsche, 1994 ; Mojon in Blanc *et al.*, 1998].

Cénozone M10 (Albien).

Atopochara brevicellis GRAMBAST-FESSARD, 1980b.

Atopochara restricta GRAMBAST-FESSARD, 1980b.

Clypeator caperatus GRAMBAST-FESSARD, 1980a.

Embergerella cruciata (non trouvée directement, mais présente dans le Cénomane).

Flabellochara zavialensis (GRAMBAST-FESSARD, 1980a) MOJON, 1996.

Remarques sur la biozonation des Charophytes de l'Albien.

En Europe occidentale, la flore de Charophytes de la Cénozone continentale M10 n'a été reconnue qu'en Algarve (Portugal) et dans le NE de l'Espagne.

Remarques générales d'ordre taxonomique et biostratigraphique sur les flores de Charophytes du Crétacé inférieur de l'Europe occidentale.

Les *Echinochara* sp., *Mesochara* gr. *harrisi*, *Mesochara voluta*, *Peckisphaera verticillata* et *Porochara* gr. *kimmeridgensis* à très large extension stratigraphique peuvent être considérées comme des éléments floristiques "reliques" du Jurassique supérieur. Les formes attribuées aux genres *Stellatochara* ("*S. nehdenensis*" et "*S. reyi*") et *Stenochara* ("*S. zavialensis*") nommées anciennement "*Clavatorites*" correspondent en fait à des gyrogonites "nues" ayant perdu secondairement l'enveloppe calcifiée externe de l'utricule [Martin-Closas, 1989, 1996] et constituent pour cette raison le terme ultime de l'évolution amorcée dès le Berriasien terminal chez *Flabellochara harrisi*, où seule une partie de l'utricule est conservée. C'est pourquoi ces formes ont été rattachées au genre *Flabellochara* par Mojon [1996].

Parmi les Charophytes du Crétacé inférieur, certaines formes importantes sont confinées à l'Europe occidentale et à l'Afrique du Nord comme *Hemiglobator rectispirale* [in Feist *et al.*, 1995] et *Globator trochiliscoides* [in Andreu *et al.*, 1988].

D'autres présentent par contre un très grand intérêt biostratigraphique de par leur répartition mondiale, malgré la relative rareté de certaines d'entre elles en Europe. Ainsi, les *Atopochara* gr. *trivolis* et *Flabellochara harrisi* sont mondialement distribuées [in Mojon et Médus, 1990 ; in Schudack, 1993 ; in Feist *et al.*, 1995].

Perimneste ancora, *Hemiclavator neimongolensis*, *Clypeator discordis*, *Clypeator jiuquanensis*, *Flabellochara grovesi*, *Flabellochara xiangyunensis* et *Triclypella calcitrapa* sont également largement réparties vers l'est, en Europe orientale [Shaïkin *et al.*, 1992] et en Chine [Wang *et al.*, 1976 ; Zhang *et al.*, 1981 ; Wang et Lu, 1982 ; Chen, 1983 ; Huang, 1985 ; Jiang *et al.*, 1985].

Le genre *Triclypella* a aussi été reconnu en Amérique du Sud (Argentine), où il est représenté par *Triclypella patagonica* MUSACCHIO, 1989 [in Musacchio, 1971, 1993, 2000] du Barrémien probablement supérieur.

4.- CRÉTACÉ SUPÉRIEUR

Introduction.

Les flores de Charophytes du Crétacé supérieur continental de l'Europe occidentale sont très diversifiées et ont été reconnues dans le Nord-Est de l'Espagne ainsi que dans l'aire correspondant à l'ancien isthme durancien [Sud-Ouest de la France et Basse-Provence ; Babinot *et al.*, 1983]. Pour le Crétacé supérieur, la

plupart des Clavatoracées reconnues ne sont distribuées qu'en Europe occidentale, à part les *Atopochara multivolvris* du Cénomanien-Turonien répandues aussi bien en Europe [Feuillée et Grambast, 1961 ; Feist, 1981] qu'en Amérique du Nord [Peck, 1957].

Cénozone M11 (Cénomanien).

Atopochara multivolvris PECK, 1957.

Atopochara brevicellis.

Atopochara restricta.

Embergerella cruciata.

Peckisphaera revesti FEIST, 1981.

Cénozone M12 (Turonien).

Atopochara multivolvris.

Mesochara fusiformis FEIST, 1981.

Sénonien inférieur (Coniacien et Santonien).

Le Sénonien inférieur représente une lacune d'environ 5 millions d'années dans la documentation fossile des Charophytes.

Le renouvellement des flores de Charophytes au Campanien-Maastrichtien se traduit par l'apparition de taxons très différents de ceux du Crétacé inférieur.

Les origines des Charophytes du Crétacé supérieur restent encore très hypothétiques, sauf pour les *Septorella* dont les utricules dérivent vraisemblablement des thalles de *Munieria* montrant eux-mêmes une structure cellulaire externe tout à fait comparable à celle des thalles de *Flabellochara* du Crétacé inférieur [in Schudack, 1989, 1993] également nommés "*Charaxis*" [Harris, 1939 ; Peck, 1957], une appellation qui s'applique exclusivement aux parties végétatives isolées (fragments de thalles) des Clavatoracées. Les calcaires à *Munieria grambasti sarda* GUSIĆ, 1981 [in Cherchi et al., 1981] d'âge turonien sont notamment bien connus en Sardaigne, juste au-dessous des dépôts de la transgression coniacienne.

Sénonien supérieur (Campanien et Maastrichtien).

Cénozone M"13" (Campanien = Valdonnien - Fuvélien).

Amblyochara media FEIST, 1983 [in Feist et Freytet, 1983].

Peckichara baylensis MASSIEUX, 1988 [in Bilotte et Massieux, 1988].

Strobilochara plantarensis MASSIEUX, 1988 (*ibid.*).

Microchara benaixensis MASSIEUX, 1988 (*ibid.*).

Microchara olmesensis MASSIEUX, 1988 (*ibid.*).

Lamprothamnium parvulum MASSIEUX, 1988 (*ibid.*).

Autres taxons en nomenclature ouverte : *Mesochara* sp.

A, *Peckichara* sp. A, *Retusochara* sp. A, *Retusochara* sp. B, *Dughiella* sp. A.

Maastrichtien inférieur (Bégudien - Rognacien inférieur).

Cénozone M"14" (Bégudien).

Septorella campylopoda GRAMBAST, 1964.

Peckichara pectinata GRAMBAST, 1971.

Taxons communs aux Cénozones continentales M"13" et M"14".

Peckichara aff. *pectinata*.

Porochara oblonga GRAMBAST, 1975.

Porochara globosa GRAMBAST & GUTTIÉRREZ, 1977.

Saportanella elongata GRAMBAST & GUTTIÉRREZ, 1977.

Platychara complanata GRAMBAST & GUTTIÉRREZ, 1977.

Platychara turbinata GRAMBAST & GUTTIÉRREZ, 1977.

Platychara spiculata GRAMBAST & GUTTIÉRREZ, 1977.

Platychara cristata GRAMBAST, 1975.

Platychara peltata GRAMBAST 1975.

Platychara stipitata GRAMBAST & GUTTIÉRREZ, 1977.

Bysmochara conquensis GRAMBAST & GUTTIÉRREZ, 1977.

Bysmochara roblesi GRAMBAST & GUTTIÉRREZ, 1977.

Peckichara caperata GRAMBAST & GUTTIÉRREZ, 1977.

Peckichara cristatella GRAMBAST & GUTTIÉRREZ, 1977.

Strobilochara viallardi GRAMBAST, 1975.

Strobilochara compta GRAMBAST, 1975.

Strobilochara truncata GRAMBAST, 1975.

Strobilochara diademata GRAMBAST & GUTTIÉRREZ, 1977.

Strobilochara apiculata GRAMBAST & GUTTIÉRREZ, 1977.

Retusochara macrocarpa GRAMBAST 1971.

Dughiella obtusa GRAMBAST & GUTTIÉRREZ, 1977.

Microchara tunicata GRAMBAST & GUTTIÉRREZ, 1977.

Microchara laevigata GRAMBAST & GUTTIÉRREZ, 1977.

Maedleriella cretacea GRAMBAST & GUTTIÉRREZ, 1977.

Sphaerochara senonensis FEIST, 1983 [in Feist et Freytet, 1983].

Cénozone M"15a" (Rognacien inférieur).

Septorella brachycera GRAMBAST, 1962.

Peckichara cancellata GRAMBAST, 1971.

Cénozone M"15b" (Maastrichtien supérieur = Rognacien supérieur).

Septorella ultima GRAMBAST, 1971.

Septorella brachycera.

Taxons communs aux Cénozones continentales M"13", M"14" et M"15".

Amblyochara begudiana GRAMBAST, 1962.

Saportanella maslovi GRAMBAST, 1962.

Platychara caudata GRAMBAST, 1971.

Microchara leiocarpa GRAMBAST, 1971.

**Taxons communs aux Cénozones continentales
M“14” et M“15”.**

Peckichara aff. *cancellata*.
Peckichara aff. *sertulata*.

**Taxons communs aux Cénozones continentales
M“15a” et M“15b”.**

Septorella brachycera.
Peckichara sertulata GRAMBAST, 1971.
Microchara cristata GRAMBAST, 1971.
Microchara parazensis MASSIEUX, 1987 [*in* Massieux *et al.*, 1987].

Microchara punctata FEIST, 1983 [*in* Feist et Colombo, 1983].

Peckisphaera clavata FEIST, 1983 (*ibid.*).

Pseudoharrisichara isonae FEIST, 1983 (*ibid.*).

Amblyochara concava mucronata FEIST, 1983 (*ibid.*).

Porochara malladae (BATALLER, 1945) FEIST, 1983 (*ibid.*).

Autres taxons en nomenclature ouverte : *Bysmochara* sp., *Maedleriella* sp., *Peckichara* aff. *caperata*, *Porochara* aff. *anluensis* WANG Z., 1978 ; *Microchara* sp.

Chapitre 7

ORIGINE ET PHYLOGÉNIE DES CLAVATORACÉES (CHAROPHYTES)

Dans leurs schémas phylogénétiques des Clavatoracées, les partisans du cladisme [Schudack, 1993 ; Martin-Closas, 1996] ont fort bien compris que les fructifications des Charophytes et notamment celles des Clavatoracées résultaient de la contraction et de la concrescence de verticilles de rameaux végétatifs du thalle (phylloïdes) autour de l'oospore renfermant le gamète ♀ (oosphère). Ce phénomène évolutif est bien connu chez les Plantes supérieures vascularisées (Phanérogames : Gymnospermes et Angiospermes) avec lesquelles les Charophytes ont une origine commune parmi des Algues vertes proches des Coelochaetales [McCourt *et al.*, 1996] et a de toute évidence inspiré les cladistes. En premier lieu, la principale difficulté pour établir une classification de type traditionnel ou de type cladistique réside dans la nécessité de distinguer les caractères réellement homologues résultant d'une origine commune et non simplement analogues (convergence par réduction-simplification ou rétroévolution homoplasique).

Toutefois, pour les cladistes, les caractères des genres et des espèces sont largement confondus en ayant quasiment tous la même valeur [Martin-Closas, 1989 ; Martin-Closas et Serra-Kiel, 1991], ce qui pose des problèmes de nomenclature et aussi de hiérarchisation pour établir le schéma phylogénétique des Clavatoracées en particulier. Dans ces conditions, il est ainsi difficile de reconnaître judicieusement et de placer dans le bon ordre les caractères évolutifs d'après leur importance respective et leur succession chronologique, les faits objectifs ne concordant pas avec l'interprétation qui est présentée dans le cadre de la terminologie cladistique. C'est pourquoi, la parfaite symétrie et la dichotomie apparentes des schémas phylogénétiques cladistiques sont illusoire et correspondent à des vues subjectives de l'esprit sans rapport avec la réalité, car les apparitions de nouveaux taxons par acquisition de caractères originaux ne sont pas synchrones ni également réparties (linéaires) dans le temps.

S'il est vrai que toute origine polyphylétique peut être écartée pour les Charophytes, celles-ci ne constituent à l'évidence pas un groupe d'organismes réunis sur la base de caractères évolutifs communs analogues acquis par convergence adaptative, mais forment un groupe homogène monophylétique présentant des caractères évolutifs homologues. De même, les Clavatoracées correspondent aussi à un Monophylum (groupe d'organismes constitué d'un ancêtre commun et de tous ses descendants) issu des

Porocharacées et, à plus petite échelle, à un Paraphylum (groupe d'organismes possédant des caractères homologues hérités d'un ancêtre commun et restés dans un état primitif ou généralisé) dont l'origine est vraisemblablement représentée par les *Stellatocharoideae*, une sous-famille des Porocharacées [Grambast, 1962]. Jusque là, il n'y a pas de problème d'interprétation à relever.

Mais les difficultés commencent lorsqu'on passe au stade des plésiomorphies (caractères évolutifs originels et généralisés, restés inchangés et à l'état primitif, transmis héréditairement aux descendants de plusieurs groupes d'organismes d'un Paraphylum et impliquant un ancêtre commun "non-exhaustif"), des simplésiomorphies (répétitions de caractères évolutifs généralisés), des apomorphies (caractères évolutifs spécialisés par transformation et propres à un groupe particulier d'organismes) et des synapomorphies (caractères évolutifs nouveaux apparus chez l'ancêtre commun d'un groupe d'organismes et transmis héréditairement à tous ses descendants). En effet, il ressort que les schémas phylogénétiques cladistiques des Clavatoracées ne tiennent pas suffisamment compte de l'ordre chronologique d'apparition des diverses formes d'organisation structurale des Clavatoracées ni du fait capital que les fossiles des différentes souches ancestrales supposées restent dans leur grande majorité inconnus, alors que la documentation paléontologique des Clavatoracées et autres Charophytes est actuellement plutôt fort bien établie [Feist et Wang, 1995]. Parce que l'évolution des êtres vivants progresse par "sauts brusques" ou mutations évolutives (cf. chap. 10, § 3), il est évident que ces ancêtres fossiles ne seront jamais retrouvés, car ils n'existent tout simplement pas pour la plupart. Les naturalistes "empiristes" peuvent dès lors proposer un nouveau schéma phylogénétique des Clavatoracées basé sur les faits avérés des tendances évolutives fondamentales, en réduisant autant que possible la part des hypothèses et des extrapolations, ainsi qu'en tenant compte des remarques critiques formulées dans ce travail qui rejoignent largement celles de Remane [1985a, 1989] concernant les méthodes cladistiques.

Dans la perspective d'un nouveau schéma phylogénétique des Clavatoracées (fig. 81), une liste de **7 caractéristiques évolutives fondamentales** peut être établie pour analyser la phylogénie des fructifications (utricles) des Clavatoracées, qui dérivent toutes de la gyrogonite des Porocharacées à cinq cellules spiralées

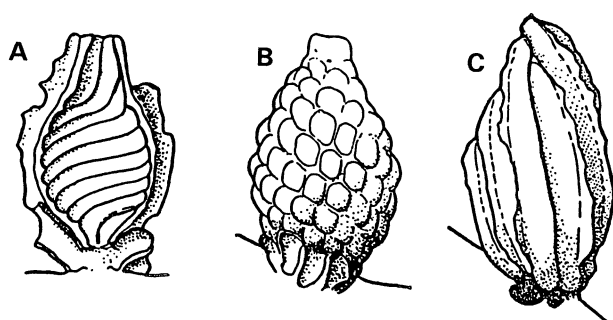


FIG. 72.— Structure de l'utricule de *Clavator reidi* GROVES, 1924 (Clavatoracées, Charophytes). Matériel silicifié du Purbeckien anglais (Volgien terminal-Ryazanien basal, Crétacé basal).

A : utricule cassé montrant le moulage de la gyrogonite interne non calcifiée.

B : vue de la couche noduleuse interne.

C : vue de la surface externe constituée de cellules allongées concaves.

D'après Harris [1939].

sénestres et pore apical ouvert. Par ordre d'importance décroissant, on reconnaît ainsi :

1) Les particularités de la gyrogonite interne de l'utricule des Clavatoracées, non calcifiée comme chez les *Nitelloideae* (Characées) et qui possède en outre un col apical ainsi que des sutures ondulées, caractères dérivant des *Stellatocharoideae*. Il s'agit là d'une plésiomorphie évidente, qui est répétée régulièrement dans toutes les variétés de Clavatoracées (symplesiomorphie).

2) La structure de la plaque basale, qui est simple et indivise comme cela a été observé chez *Atopochara trivolis*, *Flabellochara harrisi* et *Hemiclavator adnatus* par Martin-Closas [1988]. Il s'agit là aussi chez les Clavatoracées d'un caractère plésiomorphique répété par symplesiomorphie, qui démontre comme précédemment (point 1) leur origine monophylétique. C'est pourquoi, une très grande importance a été attachée à la structure simple de cette plaque basale, qui n'était apparemment connue comme telle chez les Porocharacées que dans le genre *Feistiella* (*Porocharoideae*) considéré pour cette raison par les cladistes comme la souche ancestrale des Clavatoracées. Or, cette hypothèse se trouve en contradiction avec le fait que la synapomorphie avec les *Stellatocharoideae* (par apparition de gyrogonites à plaque basale simple dans ce groupe) est prouvée par la documentation fossile [genre *Stomochara* ; in Schudack, 1993]. Concernant cette

dernière observation, on peut aussi concevoir conformément aux considérations des points 1 et 3 que les gyrogonites de la forme ancestrale de *Stellatocharoideae* à plaque basale simple n'étaient pas nécessairement calcifiées.

3) La calcification des utricules autour des gyrogonites qui ne sont elles-mêmes jamais calcifiées. Cette calcification peut être constituée d'une seule couche épaisse correspondant à la paroi des utricules, soit comprendre en plus de celle-ci une couche intermédiaire beaucoup plus mince et d'aspect noduleux non structuré qui est directement superposée à la gyrogonite interne non calcifiée de type stellatocharoïde (fig. 72). Parfois (*Clavatoroideae* : genres *Nodosoclavator* et

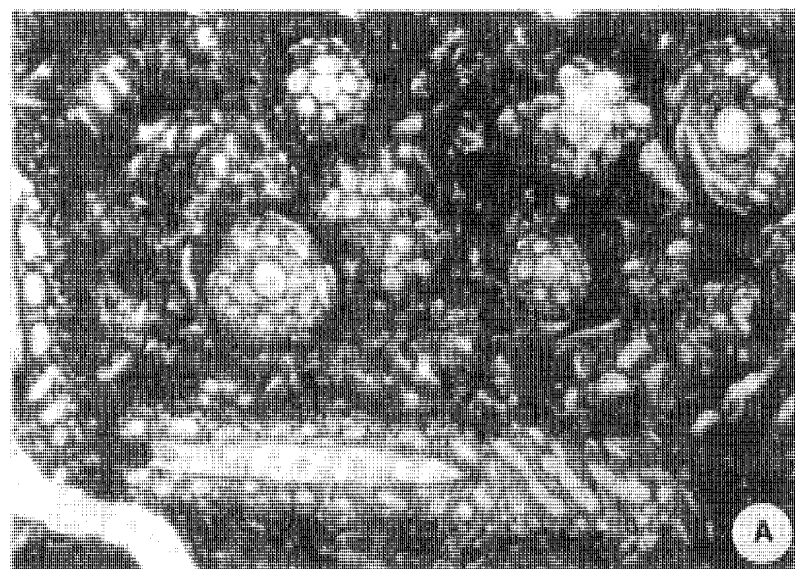


FIG. 73.— Lames-minces de microfaciès à Charophytes (herbiers lacustres) avec très nombreuses sections transversales et axiales de thalles d'*Echinochara spinosa* PECK, 1957 (Clavatoracées, Charophytes). Formation Morrison, Jurassique supérieur (Kimméridgien-Tithonien) de l'Ouest des U.S.A.

A : Perry Park, Colorado [d'après Harlan-Johnson, 1954]. B : Colorado [d'après Wray, 1977].

Documents reproduits avec l'aimable autorisation de la Colorado School of Mines (A) et d'Elsevier Scientific Publishing Company (B) in Mojon et Mouchet [1992].

Flabellochara), cette couche noduleuse interne forme à elle seule la paroi de l'utricule et peut mouler la gyrogonite stellatocharoïde dans des cas exceptionnels de rétroévolution (réduction quasi-totale de la calcification) représentés par les *Flabellochara* de l'Aptien-Albien (*F. nehdenensis*, *F. reyi*, *F. zavialensis*). Ces trois types de calcification (A, B, C) correspondent chaque fois à des caractères évolutifs synapomorphiques.

Comme la calcification des gyrogonites des Charophytes est un phénomène physiologique intracellulaire, l'exemple d'une couche calcifiée étrangère aux cellules spiralées de la gyrogonite évoque la précipitation physico-chimique de CaCO_3 autour des thalles de Charophytes actuelles (*Charoideae*) et fossiles (*Echinocharoideae* : genre *Echinochara*, fig. 73-74 ; *Clavatoroideae* : genres *Clavator* et

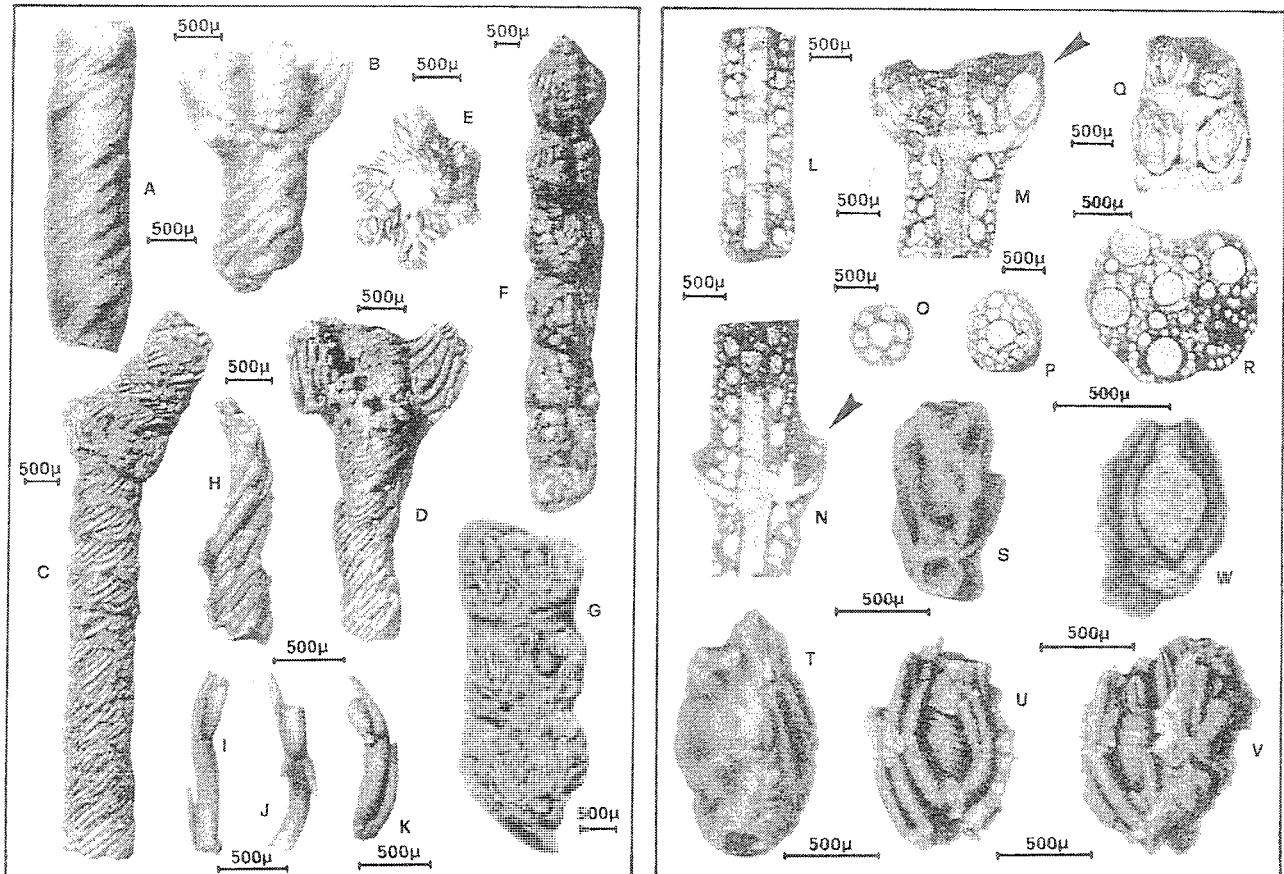


FIG. 74.— Thalles et fructifications (utricules d'*Echinochara spinosa* PECK, 1957 (Clavatoracées, Charophytes) de la Formation Morrison, Jurassique supérieur (Kimméridgien-Tithonien), Montagnes Rocheuses et Plateau du Colorado (Ouest des U.S.A.). D'après Peck [1957].

Description complète et exhaustive traduite de l'anglais in Mojon et Mouchet [1992].

A-B-L-M-N-O-P-S-T : Fall River County, South Dakota. C-D-E-G-H-I-J-K-U-V : Garfield County, Colorado. R-W : Larimer County, Colorado. F-Q : Carbon County, Wyoming. C-D-E-G-H-I-J-K-S-T-U-V : spécimens silicifiés dégagés par attaque ménagée à l'acide (HCl). L-M-N-O-P-Q-R-W : sections (lames-minces).

Partie I. A : entre-nœud fortement calcifié. B : nœud fertile et segment d'entre-nœud fortement calcifiés. C : nœud et segment d'entre-nœud corrodés montrant le détail du cortex (tubes corticaux à spiralisation hélicoïdale dextre et cellules "épineuses"). D : nœud fertile (*idem*). E : nœud fertile en vue basale montrant la structure externe détaillée des utricules (cellules ramifiées). F : rameau avec 7 nœuds fertiles fortement calcifiés. G : nœuds fertiles corrodés montrant la structure interne des utricules (empreintes en relief des cellules spiralées des gyrogonites). H : segment d'un entre-nœud corrodé montrant le tube cellulaire central, les tubes cellulaires corticaux et les cellules "épineuses". I-J-K : tubes cellulaires corticaux supportant chacun 5 cellules "épineuses" ("épines") dont 3 sont allongées et externes (l'"épine" centrale pouvant encore être subdivisée en 3 "épines" plus petites) alors que 2 autres sont courtes et internes.

Partie II. L : section axiale sagittale d'un segment d'entre-nœud. M : section axiale sagittale d'un nœud fertile, d'un segment d'entre-nœud et d'un utricule (flèche). N : section axiale sagittale d'un nœud fertile et d'un segment d'entre-nœud (la flèche indique l'emplacement d'un utricule mature qui s'est détaché). O : section transversale d'un nœud montrant 6 tubes corticaux (cellules corticales) disposés autour d'un tube central (cellule centrale). P : section transversale d'un entre-nœud montrant les tubes cellulaires corticaux (jusqu'à 12) et quelques cellules "épineuses" disposés autour du tube cellulaire central. Q : section axiale sagittale de nœuds fertiles (segment de rameau fertile) montrant les utricules en coupe. R : section transversale d'un nœud fertile montrant l'arrangement circulaire de 4 utricules autour du tube cellulaire central (sur un nombre habituel total de 6 utricules, l'un ne s'est pas développé et un autre s'est détaché à maturité). S-T : utricules dégagés en vues latérales. U-V : utricules corrodés en vues latérales montrant la structure de la paroi utriculaire et de la gyrogonite interne. W : utricule en coupe axiale sagittale.

Ces structures sont tout à fait identiques à celles figurées sur les Planches 49-50 et attribuées aux thalles d'*Echinochara pecki* (MÄDLER, 1952)

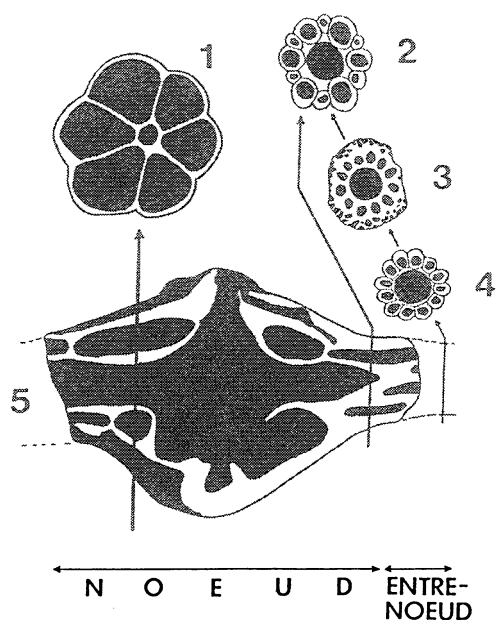


FIG. 75.— Coupe du thalle de *Clavator reidi* GROVES, 1924 (Clavatoracées, Charophytes). Matériel collecté dans le Purbeckien du Jura (Berriasien inférieur, Crétacé basal).

1-4 : coupes transversales. 5 : coupe axiale sagittale.

1 : nœud composé de 6 tubes cellulaires corticaux externes et 1 cellule tubulaire centrale.

2 : base du nœud avec réduction de la moitié des cellules externes.

3 : entre-nœud avec cortication réticulée externe (secondaire).

4 : entre-nœud composé de 12 petits tubes corticaux externes et une grosse cellule centrale.

D'après Mojon et Strasser [1987].

Flabellochara, fig. 75-76 ; *Atopocharoideae* (rare) : genres *Perimneste*-*Atopochara*, fig. 77). Un tel type de calcification d'origine externe et physico-chimique semble ainsi bien s'appliquer aux utricules des Clavatoracées avec ou sans couche noduleuse interne, chez lesquels les éléments cellulaires (phylloïdes) entourant la gyrogonite sont (A) moulés au sein de la masse de la paroi utriculaire (*Echinocharoideae* : genres *Echinochara*, fig. 74 ; *Atopocharoideae* : genres *Perimneste* et *Diectochara* ; *Clavatoroideae* : genre *Embergerella*) ou (B) à l'état de moulages creux générés comme dans le cas des empreintes concaves d'anthéridies ♂ des *Perimneste*-*Atopochara* à la surface de la paroi calcifiée des utricules par simple contact avec les phylloïdes (*Atopocharoideae* : genres *Atopochara*, *Hemiglobator* et *Globator* ; *Dictyoclavatoroideae* : genre *Dictyoclavator*, fig. 78 ; *Clavatoroideae* : genres *Clypeator*, *Flabellochara*, *Clavator*, *Hemiclavator*, *Favargerella*, *Lucernella*, *Ascidiella*, *Triclypella*, *Pseudoglobator* et *Septorella*) ou encore (C) plus ou moins complètement absents (type de base représenté par le genre *Nodosoclavator* sans contact étroit entre les phylloïdes et la paroi calcifiée des utricules).

Cette étonnante et remarquable faculté des Clavatoracées de pouvoir induire par leur métabolisme cellulaire une calcification externe de leurs organes

végétatifs et reproducteurs _ est tout à fait comparable à la capacité identique de certaines Characées (*Charoideae*) actuelles et fossiles de former des gyrogonites dites "tuniquées" vraisemblablement par sécrétion et enrobement d'un mucus végétal particulier ou mucilage activant et piégeant la précipitation de CaCO_3 [Bignot et Grambast, 1969 ; Riveline et Perreau, 1979 ; Soulié-Märsche, 1989]. Comme les *Charoideae* possèdent de plus une plaque basale simple, ces faits forts intéressants semblent démontrer l'origine commune et le lien de parenté entre celles-ci et les Clavatoracées à partir d'un même ancêtre théoriquement issu de *Stellatocharoideae* à plaque basale simple, en accord avec l'hypothèse de Feist et Grambast-Fessard [1991].

4) La symétrie des utricules [Feist et Grambast-Fessard, 1982] et accessoirement des thalles (si ceux-ci sont calcifiés et conservés) relevant d'apomorphies et de synapomorphies successives, qui est à l'origine d'ordre 3 (*Echinochara pecki* de l'Oxfordien, fig. 79A et 80a, b) et peut se transformer en ordre 6 (*Echinochara spinosa* du Kimméridgien-Tithonien, fig. 79B) puis disparaître complètement (*Nodosoclavator*) pour évoluer ensuite vers une bilatéralité apparente (*Dictyoclavator*, *Clavator*, *Hemiclavator* et *Pseudoglobator*) ou parfaite (*Clypeator*, *Flabellochara*, *Lucernella*) parfois réversible (*Flabellochara harrisi*), voire une structure en apparence non organisée et asymétrique (*Favargerella*, *Ascidiella*). Exceptionnellement, on observe une symétrie d'ordre 4 dérivant de l'ordre 3 (*Embergerella cruciata*), mais il faut souligner que les

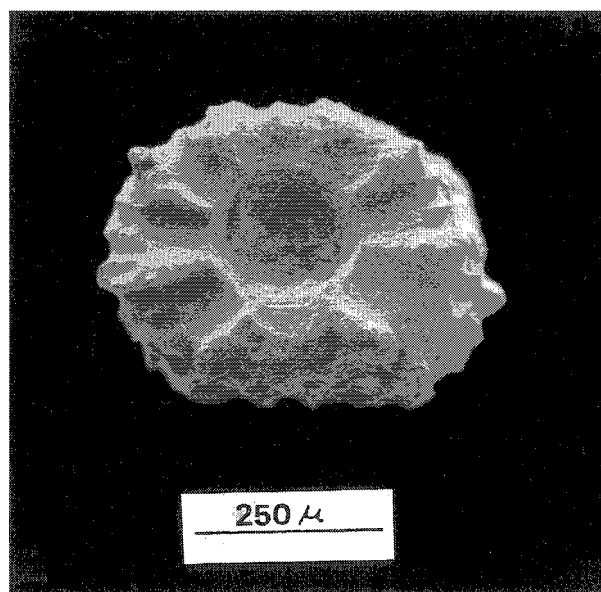


FIG. 76.— Vue transversale d'un thalle cassé de *Flabellochara grovesi* (HARRIS, 1939) GRAMBAST, 1962 (Clavatoracées, Charophytes). Berriasien supérieur (Cénozone continentale M5a), Pont-de-la-Dorche, Jura français méridional. Cette section de thalle montre 8 cellules corticales disposées circulairement autour d'une grosse cellule tubulaire centrale, ainsi qu'une légère cortication réticulée externe (secondaire).

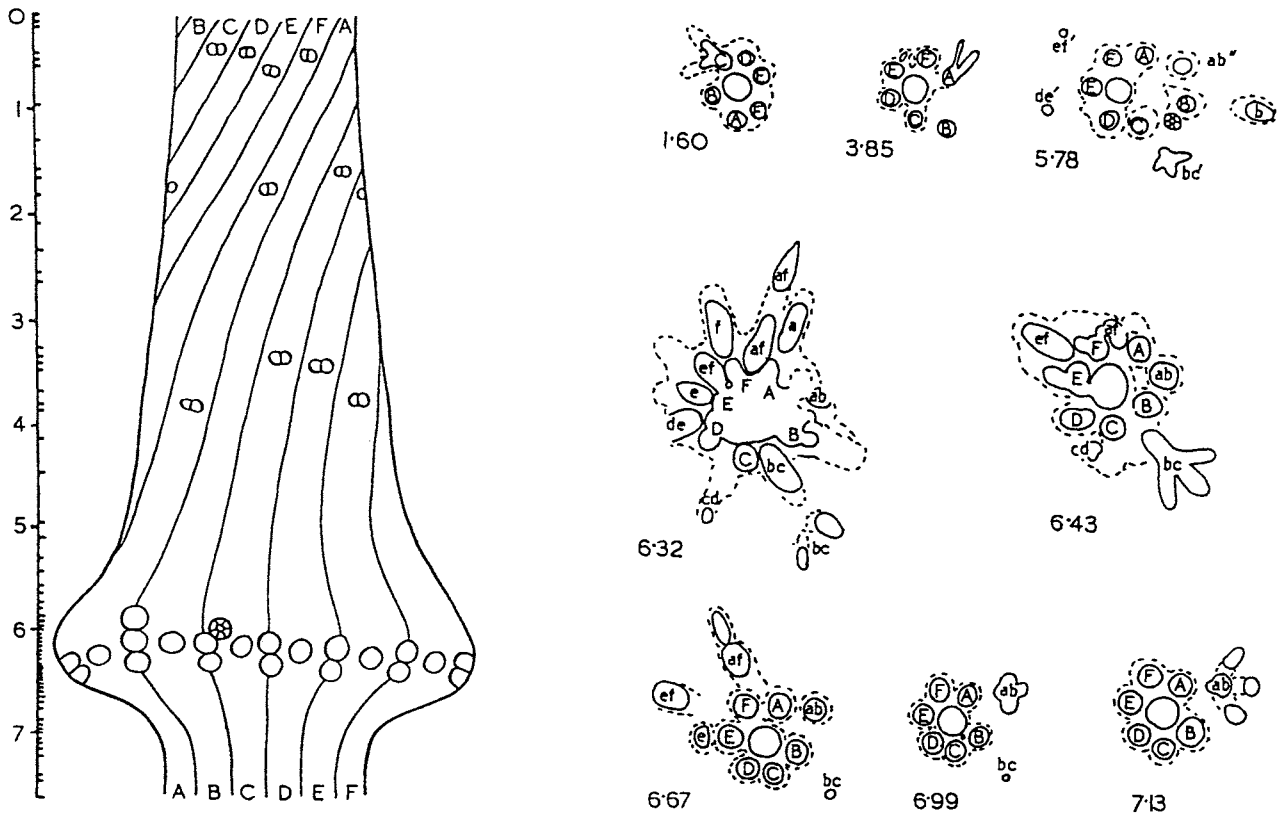


FIG. 77.— Structure du thalle de *Perimneste horrida* HARRIS, 1939 (Clavatoracées, Charophytes) du Purbeckien anglais (Volgien terminal-Ryazanien basal, Crétacé basal), d'après une série de sections transversales. L'échelle à gauche permet de localiser le niveau des différentes coupes (1 à 5 : entre-nœud ; 5 à 7 : nœud). A-B-C-D-E-F : sections des cellules corticales de l'axe principal du thalle. a-b-c-d-e-f, b'-c'-d'-b'' : sections de rameaux secondaires divergents (verticilles de phylloïdes secondaires). D'après Harris [1939].

Ces structures sont à comparer avec celles, tout à fait inédites et surprenantes, des Planches 56-57 attribuées aux thalles d'*Atopochara trivolvris triquetra* GRAMBAST, 1968 (Clavatoracées, Charophytes) de l'Aptien inférieur/Bédoulien (Crétacé inférieur) de Chartreuse occidentale (SE de la France).

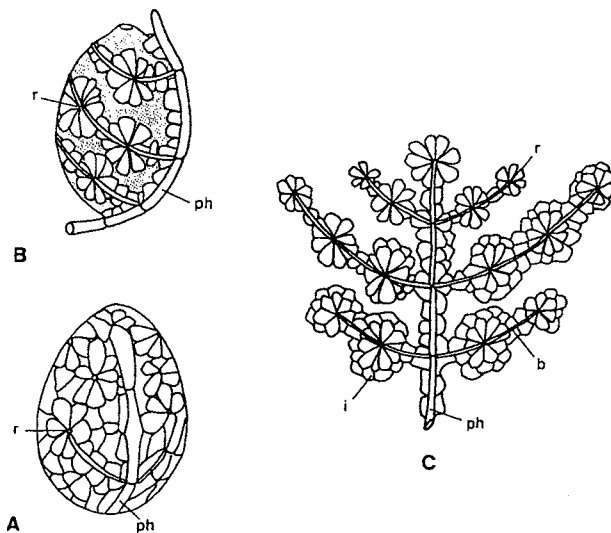


FIG. 78.— Structure externe de l'utricule du genre *Dictyochara* (Clavatoracées, Charophytes) de l'intervalle Kimméridgien supérieur-Berriasien moyen de l'Europe occidentale.

A : vue latérale proximale.

B : vue latérale schématisée montrant la reconstitution hypothétique de la structure végétative de l'utricule. Les cellules disposées en rosettes (r) rattachées à l'axe principal ou phylloïdes (ph) sont représentées en blanc sur la gyrogonite.

C : vue de la structure végétative de l'utricule étalée dans un plan (ph : phylloïde ; r : rosettes ; b : bractées ; i : cellules intermédiaires à la périphérie des rosettes). D'après Martin-Closas [1996].

symétries d'ordre 3 (*Hemiglobator-Globator* : fig. 80c, d ; *Perimneste-Atopochara* : fig. 80e, f ; *Triclypella*, *Embergerella triquetra*) et 6 (*Dictyochara*, *Septorella*) sont de loin les plus répandues.

5) La capacité des Charophytes de se reproduire végétativement par boutures (bulbilles) offrant la

possibilité de conserver longtemps une lignée ancestrale à fortes potentialités évolutives, sans que celle-ci ne présente obligatoirement une calcification des thalles ou des fructifications permettant son enregistrement dans la documentation fossile. Un exemple d'une telle situation est illustré par la résurgence d'utricules de type échinocharoïde au Barrémien [Martin-Closas, 1989], cas accidentel et fortuit qui peut expliquer aussi l'apparition à cette période des *Embergerella* et des *Asciidiella* à partir de la même lignée ancestrale à phylloïdes allongés et amincis (souche échinocharoïde particulière à utricules pourvus d'une couche noduleuse interne). Un autre bel exemple est représenté par les thalles calcifiés du genre *Munieria* apparentés par leur

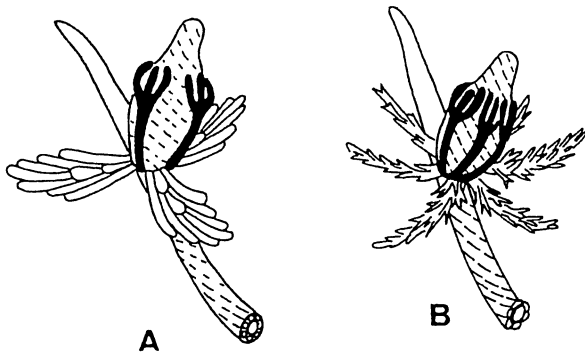


FIG. 79. – Premiers représentants des Clavatoracées (Charophytes) du Malm de l'Hémisphère Nord (Europe et Amérique du Nord).

A : structure de l'utricule d'*Echinochara pecki* (MÄDLER, 1952) GRAMBAST, 1965 à symétrie d'ordre 3 (type primitif de base de l'Oxfordien moyen-Kimméridgien basal de l'Europe occidentale).

B : structure de l'utricule d'*Echinochara spinosa* PECK, 1957 à symétrie d'ordre 6 (type plus évolué du Kimméridgien-Tithonien de l'Ouest des U.S.A.).

Verticilles de cellules internes (en noir) et verticilles de cellules externes déployées (en blanc) entourant la gyrogonite. D'après Martin-Closas [1996].

structure à ceux des *Flabellochara* [Mojon, 1996], qui traduit en Europe occidentale la survie des Clavatoracées durant le Sénonien inférieur (où elles ont apparemment disparu d'après l'absence totale d'utricules fossiles durant cette longue période) et leur "réapparition" inattendue sous la forme des *Septorella* vers la fin du Crétacé (Maastrichtien).

6) La disposition des utricules sur les rameaux fertiles (caractère évolutif d'ordre synapomorphique), qui peut être :

a) circulaire (primitive) chez les *Echinochara*, *Diectochara* et *Hemiclavator*, où chaque nœud fertile comprend 6 utricules.

b) linéaire (évoluée) chez les *Clavator* et *Flabellochara*, où chaque utricule représente 1 nœud fertile à lui seul.

c) inconnue (tous les autres genres), mais on peut imaginer des dispositions alternes-opposées et alternes-hélicoïdales où chaque utricule représente un nœud fertile (cas précédent), ou encore isolée remplaçant dans sa totalité un ou plusieurs rameaux fertiles.

7) Le "retour" vers un stade ancestral ("évolution régressive" ou "rétroévolution"), phénomène bien connu de l'Évolution nommé **homoplasie** [Sanderson et Hufford, 1996] auquel les cladistes n'accordent pas beaucoup d'importance. Pourtant, l'homoplasie constitue des synapomorphies magnifiquement illustrées, notamment par la régression de l'enveloppe utriculaire externe et interne chez les *Flabellochara* : *F. harrisi* et *F. nudus* (GRAMBAST, 1966c) nov. comb., dont *F. nehdenensis* ainsi que *F. reyi* et *F. zavialensis* peuvent être considérés comme des termes extrêmes. Comme une bonne partie des utricules de *Nodosoclavator* sont ainsi d'origine homoplasique, ce genre s'avère

regrouper en fait un ensemble artificiel d'utricules de type dit "nodosoclavatoroïde" [Schudack, 1989, 1990, 1993]. Toutefois, en considérant le taxon très caractéristique *N. bradleyi* du Berriasien, il est justifié de maintenir le genre *Nodosoclavator* MASLOV, 1961 ex MASLOV, 1963 emend. GRAMBAST, 1966c ainsi que son type nomenclatural *N. nodosus* (PECK, 1957) MASLOV, 1963 de l'Aptien supérieur des U.S.A. D'autres cas très typiques et remarquables sont représentés par la transition entre *Hemiglobator protoincrassatus* et *Hemiglobator maillardi* dans le Purbeckien du Jura, entre *Hemiglobator steinhauseri* et *Hemiglobator incrassatus* dans l'intervalle Berriasien supérieur terminal – Valanginien inférieur du Nord-Est de l'Espagne ainsi que par les rétroversions constatées au sein de la lignée des *Perimneste-Atopochara* jusqu'au niveau du Barrémien inférieur de cette même région [Martin-Closas et Salas, 1994 ; Mojon, 1996].

Par analogie avec l'évolution des Angiospermes (Plantes à fleurs : Dicotylédones et Monocotylédones), la gyrogonite interne des Clavatoracées représente un stade évolutif issu d'une première phase (I) de

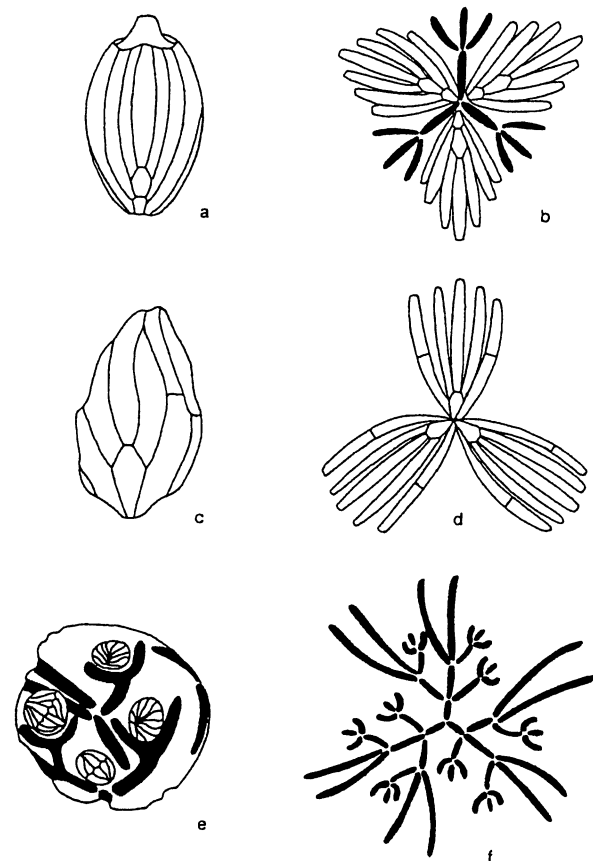


FIG. 80. – Utricules (colonne de droite) de Clavatoracées (Charophytes) et reconstitution de leurs composants végétatifs étalés dans un plan (colonne de gauche). D'après Martin-Closas [1996].

a-b : *Echinochara pecki* du Jurassique supérieur (verticilles de cellules internes en noir et verticilles de cellules externes en blanc).

c-d : *Hemiglobator* du Jurassique terminal-Crétacé basal.

e-f : *Perimneste gr. horrida-micrandra* du Crétacé inférieur.

contraction et de soudure d'un verticille de 5 rameaux végétatifs (phylloïdes) autour de l'oospore, alors que l'utricule dérive d'une seconde contraction (II) d'un nombre variable de phylloïdes lié aux divers types de symétrie répertoriés (cf. type de base à symétrie d'ordre 3 valable pour les utricules et/ou les thalles calcifiés des *Echinocharoideae*, des *Atopocharoideae* et des *Clavatoroideae* ; fig. 73, 74, 75, 77, 79 et 80). Un troisième stade (III), d'ordre supérieur, correspondrait chez certaines *Clavatoroideae* à la fusion de plusieurs utricules entre eux entraînant la modification ou la disparition d'un certain nombre de verticilles de phylloïdes comparables aux bractées florales des Angiospermes. D'après ce processus évolutif et en accord avec l'ordre chronologique d'apparition de nouveaux types structuraux, on peut concevoir plusieurs possibilités de transformation d'après la conservation sur les utricules de motifs de base correspondant à la structure originelle des verticilles :

IIIa) La fusion de 2 utricules au moins et une réorganisation dans une classe de symétrie plus élevée. Ainsi chez *Triclypella* à partir des *Clypeator* à "boucliers" verticillés opposés et chez *Embergerella cruciata* d'après *E. triquetra* à verticilles de type échinocharoïde, en induisant respectivement une symétrie d'ordre 3 et 4 avec la perte de 1 ou 2 verticilles de phylloïdes.

IIIb) La fusion d'un verticille complet d'utricules chez *Favargerella*, dont les utricules présentent 4-5 écussons verticillés d'aspect étoilé comparable à celui de l'écusson externe de chacun des six utricules constituant les verticilles à disposition circulaire de *Hemiclavator adnatus*, avec perte de 1 voire 2 écussons.

IIIc) La fusion de plusieurs verticilles d'utricules, voire d'un ou de plusieurs rameaux fertiles chez *Ascidella* et *Septorella*. De par leur très grande taille et leur rattachement au thalle par un pédoncule, les gros utricules de ces deux genres devaient certainement se trouver en position isolée. Ainsi, les utricules volumineux des *Ascidella* sont constellés d'un grand nombre (≥ 12) de verticilles grêles et minuscules de type échinocharoïde, groupés sur une surface convexe et arrondie en forme d'urne. Cette disposition évoque la miniaturisation progressive des fleurs des Angiospermes aboutissant entre autres aux inflorescences en "capitules" des Composées, tout à fait comparables selon les lois universelles de l'Évolution aux utricules des *Ascidella*. Cependant, fait remarquable, les Charophytes du Crétacé inférieur précèdent nettement les plantes à fleurs pour cette nouvelle innovation originale. Chez les *Septorella*, terme ultime de l'évolution des Clavatoracées, les énormes utricules sont constitués de 6 (rarement jusqu'à 9) motifs verticillés asymétriques flabelliformes (comparables à ceux des utricules de *Flabellochara*) et disposés circulairement. Ceci implique un réarrangement à connotation régressive (stade ancestral) par rapport à la disposition linéaire des utricules de *Flabellochara*.

En conclusion, après l'analyse des caractères évolutifs, il faut considérer la chronologie des **5 étapes évolutives** ainsi que l'extension chronostratigraphique des lignées phylogénétiques ou des taxons (espèces) isolés chez les Clavatoracées (chap. 6) pour établir un nouveau schéma de leurs relations phylogénétiques (fig. 81) :

1. Oxfordien : apparition des premières Clavatoracées (*Echinocharoideae* : Oxfordien moyen-Tithonien à ? Barrémien supérieur) avec *Echinochara pecki* à symétrie d'ordre 3 évoluant en ordre 6 au Kimméridgien (*Echinochara spinosa*) ainsi qu'avec le genre *Nodosoclavator* (*Clavatoroideae* : Oxfordien terminal - Maastrichtien) par l'apparition des premiers utricules de type "nodosoclavatoroïde" [Schudack, 1993].

2. Kimméridgien : différenciation des *Echinocharoideae* et des *Clavatoroideae* en trois grandes lignées phylogénétiques distinctes (a, b, c) :

a) lignée des *Dictyoclavatoroideae* (Kimméridgien supérieur - Berriasien moyen).

b) lignée des *Clavatoroideae* (*Nodosoclavator*) avec individualisation des lignées secondaires des *Clypeator* (Kimméridgien supérieur - Albien) et des *Clavator* (Tithonien - Aptien supérieur avec *C. bilateralis* PECK, 1957 et *C. minutus* PECK, 1957 de l'Amérique du Nord).

c) lignée des *Atopocharoideae* (pas de fossiles connus avant le Tithonien supérieur, car probablement pas de calcification avant cette date ; Kimméridgien supérieur ? - Tithonien - Campanien).

3. Limite Jurassique/Crétacé (Tithonien - Berriasien) : aux alentours de la limite Jurassique/Crétacé, manifestation de l'existence des *Atopocharoideae* avec l'apparition des lignées phylogénétiques des *Hemiglobator-Globator* (Tithonien terminal - Aptien inférieur/Bédoulien) et des *Perimneste-Atopochara* (Berriasien inférieur - Campanien avec *Atopochara ulanensis* KJANSEP-ROMAŠKINA, 1975 de l'Asie centrale), ainsi que différenciation des *Flabellochara* (Tithonien terminal - Aptien supérieur à ? Maastrichtien) à partir de la lignée des *Clypeator*. À la fin du Berriasien, apparition de la lignée des *Hemiclavator-Pseudoglobator* (Berriasien supérieur - Aptien inférieur/Bédoulien) et des *Favargerella* (Berriasien terminal - Aptien inférieur/Bédoulien).

4. Barrémien - Bédoulien (Aptien inférieur) : apparitions au Barrémien supérieur des genres *Ascidella* († Aptien supérieur) et *Embergerella* († Cénomaniens) parallèlement à la différenciation des genres *Triclypella* et *Lucernella* à partir de la lignée des *Clypeator* au Barrémien supérieur puis au Bédoulien, ainsi qu'apparition des *Pseudoglobator* (Barrémien inférieur - Aptien inférieur/Bédoulien) à partir de la lignée des *Hemiclavator*. Enfin, apparition en Amérique du Sud (Argentine) du très étrange genre *Diectochara* (*Atopocharoideae*) au niveau du Barrémien plutôt supérieur (avec *Triclypella*).

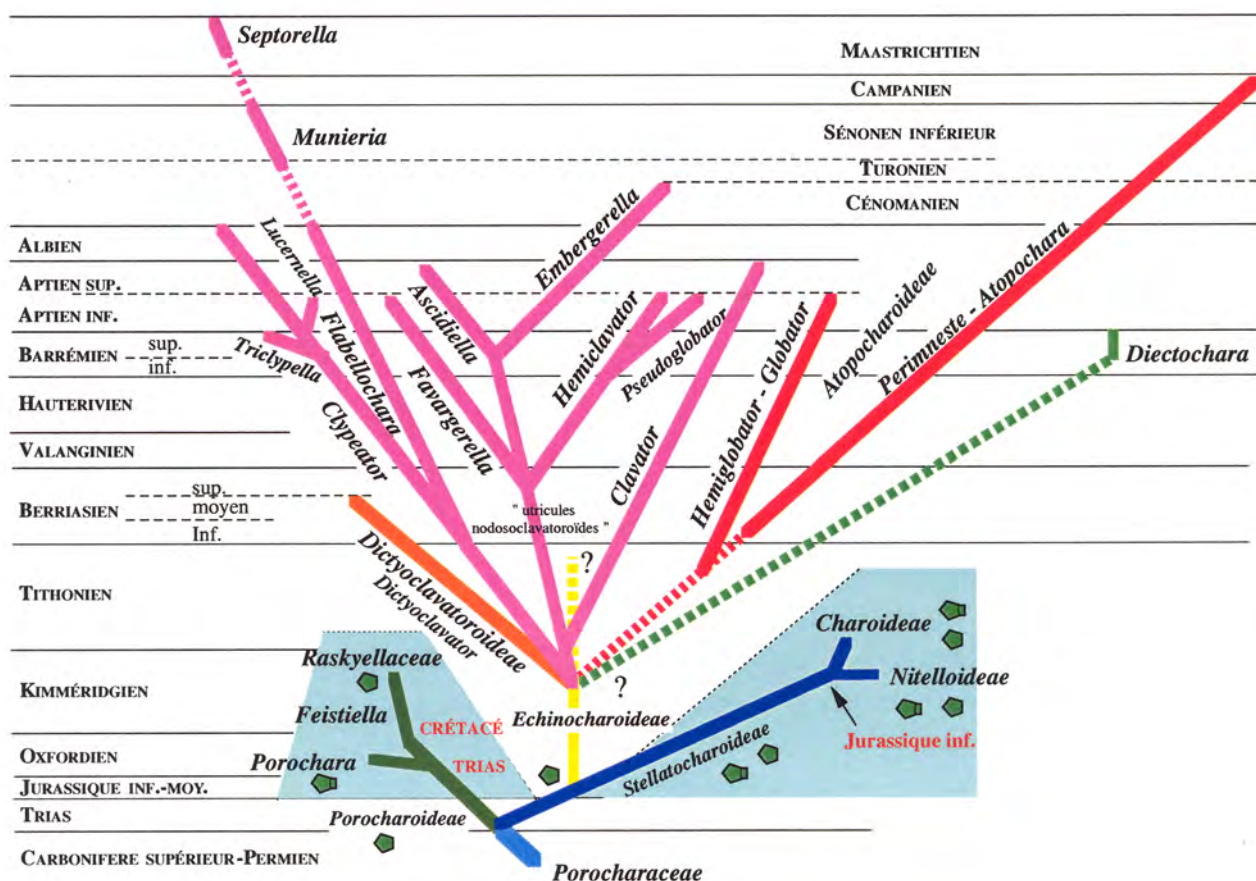


FIG. 81.— Tableau des relations phylogénétiques des Clavatoracées (Charophytes).

5. Maastrichtien : apparition des *Septorella* à partir de la lignée phylogénétique des *Flabellochara*, apparemment éteinte depuis l'Albien puis à nouveau représentée au Sénonien inférieur par les thalles du genre *Munieria*.

Remarques générales.

Selon Feist et Wang [1995], l'évolution des *Perimneste* vers les *Atopochara* par disparition sur les utricules des empreintes d'anthéridies ♂ résulterait du passage de la monoécie à la dioécie. Cette intéressante hypothèse n'est toutefois pas prouvée formellement grâce à des thalles. De plus, *Atopochara ulanensis* apparaît comme une espèce endémique et relique dérivant de *A. restricta* "piégée" et isolée au Cénomaniens dans les bassins continentaux confinés d'Asie, où elle a survécu et persisté jusqu'au Campanien.

Au niveau des gyrogonites fossiles, le passage des Porocharacées aux Characées (*Charoideae* et *Nitelloideae*) peut être établi par l'intermédiaire des *Stellatocharoideae* GRAMBAST, 1962 emend. BREUER, 1988 (genres *Stomochara* et *Latochara*). Toutefois, les thalles fossiles du genre *Paleonitella* du Dévonien indiquent aussi que des formes proches des *Nitelloideae* constituent l'origine très ancienne des Characées [McCourt *et al.*, 1996].

La chronologie de l'évolution des Porocharacées et des Characées peut être établie selon les extensions chronostratigraphiques des sous-familles et genres suivants [Feist et Grambast-Fessard, 1982 ; Schudack, 1986, 1993 ; Breuer, 1988 ; Soulié-Märsche, 1989 ; Feist *et al.*, 1991] :

– Porocharacées.

- **Porocharoideae** : Carbonifère supérieur – Paléocène basal.

- **Porochara** : Trias – Paléocène basal, plaque basale double.

- **Feistiella** : Crétacé inférieur (Berriasien supérieur), plaque basale simple.

- **Stellatocharoideae** : Carbonifère supérieur – Crétacé inférieur.

- **Stomochara** : Carbonifère supérieur – Trias, plaque basale simple [in Schudack, 1993].

- **Latochara** : Jurassique inférieur – Crétacé inférieur, plaque basale double et pore apical réduit situé à l'extrémité d'un apex en pointe. L'espèce la plus ancienne est *Latochara durand-delgai* FEIST, 1984 du Sinémurien supérieur des Causses du Quercy [Sud-Ouest de la France ; Feist et Cubaynes, 1984].

– **Characées** (Jurassique inférieur – Actuel). Pour la structure de la plaque basale, voir p. 155 (cf. chap. 4, § 1).

- ***Peckisphaera*** : Jurassique moyen – Crétacé. Ce genre est rattaché aux *Charoideae*, l'espèce la plus ancienne étant *P. glypta* (PECK, 1937) FEIST & GRAMBAST-FESSARD, 1982 du Dogger de l'Amérique du Nord et du Crétacé basal de l'Europe occidentale [Schudack, 1993].

- ***Aclistochara*** : Jurassique inférieur - Crétacé inférieur, genre fossile à plaque basale double rattaché aux *Charoideae* [McCourt *et al.*, 1996].

- ***Tolypella*** (*Nitelloideae*, ***Tolypella* section *Tolypella***) : Crétacé sup./Oligocène inf. (formes calcifiées) – Actuel. Les formes actuelles sont très peu ou pas calcifiées du tout et présentent seulement parfois des reliquats de calcification [Soulié-Märsche, 1989].

- ***Sphaerochara*** (*Nitelloideae*, ***Tolypella* section *Rothia***) : Trias? / Crétacé inférieur – Actuel. Les formes du Trias [Soulié-Märsche, 1989] sont douteuses, les espèces les plus anciennes clairement reconnues étant *S. andersoni* (Valanginien-Barrémien, cf. chap. 6, § 3) et *S. latifasciata* PECK, 1957 de l'Albien de l'Amérique du Nord.

Chapitre 8

PREUVES INDIRECTES D'UNE TECTONIQUE SYNSEDIMENTAIRE DANS LE CRÉTACÉ INFÉRIEUR DU JURA FRANCO-SUISSE ET DES CHAÎNES SUBALPINES SEPTENTRIONALES DU SUD-EST DE LA FRANCE

1.- INTRODUCTION

D'une manière générale, les effets d'une tectonique synsédimentaire sur la plate-forme jurassienne restent peu apparents et ne sont démontrables qu'au moyen de preuves indirectes. C'est pourquoi la plate-forme jurassienne peut être considérée comme un ensemble sédimentaire d'une grande stabilité caractérisant la marge dite "passive" de la Téthys nord-occidentale, par opposition à une marge active avec zone de subduction et croûte océanique ou encore à une marge de rift avorté formant un gradin de blocs basculé.

La structure tectonique de l'arc jurassien comprend deux types de fractures [Pavoni, 1961 ; fig. 82A] :

1°) Un réseau de failles dextres d'orientation subméridienne et d'origine tertiaire liée à la phase compressive du plissement jurassien.

2°) Un faisceau d'anciennes cassures hercyniennes correspondant à de grandes failles rayonnantes d'orientation NNE-SSW à NW-SE disposées en éventail et perpendiculairement aux précédentes, avec pour les plus importantes : les accidents de Morez (1) et de Pontarlier (2) ainsi que la faille du Vuache. D'autres sont connues sans être cependant significatives dans le cadre de ce travail : la faille de l'Ognon, la faille de la Verrière, etc...

Ces failles de type "faille du Vuache" [Blondel *et al.*, 1988] correspondent à des décrochements sénestres et constituent des accidents très profonds de grande ampleur affectant la couverture sédimentaire mésozoïque du Jura et atteignant vraisemblablement le socle cristallin. C'est pourquoi, une origine tardi-hercynienne est attribuée à ces grandes failles, qui sont pour cette raison dites "varisques" et se rapportent à la réactivation de structures hercyniennes au cours du Mésozoïque puis surtout lors de la phase alpine du plissement jurassien entre la limite Crétacé/Tertiaire (dépôts sidérolithiques de l'Eocène) et le Pontien [Miocène supérieur – Pliocène ; Kálin *et al.*, 2001].

Sur la plate-forme jurassienne, des anomalies et des variations importantes de faciès sur de très courtes distances peuvent être attribuées à l'influence de ces failles d'origine tardi-hercynienne. Ainsi, ces anomalies sédimentaires relevées au sein des faciès émergifs de la limite Jurassique/Crétacé indiquent l'existence d'une subsidence différentielle et d'une tectonique synsédi-

mentaire relativement importantes, qui traduisent une forte instabilité du substratum. La subsidence différentielle se manifeste par une surépaisseur considérable des faciès purbeckiens (Berriasien inférieur) du Jura méridional atteignant jusqu'à 90 m d'épaisseur (Salève, Val de Fier, Yenne) au lieu d'une vingtaine habituellement, ainsi que par des failles synsédimentaires scellées (preuves directes) dans les faciès marins du domaine subalpin [massif de Platé ; Détraz et Mojon, 1989 ; Détraz, 1989] correspondant à une tectonique de type "blocs basculés" attribuée à la phase distensive néo-cimmérienne également reconnue en Espagne [Granier, 1989c] ainsi qu'en Mer du Nord [Ruffell, 1991], qui est liée à l'ouverture de l'Atlantique Sud.

Dans le Jura méridional et les Chaînes subalpines, des variations très rapides de faciès liées au développement paradoxal de niveaux émergifs siliciclastiques de type wealdien semblent également résulter des effets de cette tectonique néo-cimmérienne au niveau du Berriasien supérieur et du Barrémo-Bédoulien (faciès urgoniens).

Ces derniers exemples se rapportent à des apports siliciclastiques importants à partir du domaine boréal, qui ont constitué un prisme d'accrétion sédimentaire progradant et caractérisé par de remarquables dépôts laguno-lacustres deltaïques. Ce prisme d'accrétion forme en bordure de la plate-forme jurassienne un cordon littoral d'abord continu et affecté de sillons subsidents au niveau du Jura méridional (Val de Fier). Au sud, ce cordon deltaïque se fragmente pour constituer un cordon insulaire au niveau des Chaînes subalpines septentrionales (1 : Font-Renard – Pas de Montbrand en Vercors septentrional ; 2 : Gorges du Guiers Vif ; 3 : La Pointière en Chartreuse occidentale ; fig. 82B), qui met en relief la partie émergente de mégablocs basculés en direction du talus de la plate-forme et placés au voisinage de la faille de l'Isère ou de son prolongement au nord repris par les chevauchements subalpins. Il s'agit là des derniers faciès émergifs avant les dépôts marins hémipélagiques du bassin vocontien.

Plus au nord, le Berriasien moyen transgressif du Jura central présente localement des niveaux laguno-lacustres et des paléokarsts qui résultent probablement aussi de l'action d'une tectonique synsédimentaire permettant la surrection de paléoreliefs ponctuels.

D'une façon similaire, une cause tectonique est sans doute également à l'origine du développement très inégal et contrasté du Valanginien du Jura central, qui se rapporte à la mise en place ainsi qu'au remplissage de chenaux de marée à base érosive ravinant la plate-forme et d'orientation globale nord-sud particulièrement évidente dans la carrière Juracime [Steinhauser et Charollais, 1971]. Ces chenaux de marée suivent vraisemblablement la fracturation tardi-hercynienne à vaste extension de la plate-forme jurassienne et ont permis des connexions entre les domaines téthysien (bassin vocontien) et boréal (Allemagne du Nord) comme l'atteste la faune d'Ammonites valanginiennes du Jura central [Bulot, 1992].

Toutefois, c'est au niveau des faciès purbeckiens (Berriasien inférieur-moyen basal) que s'appliquent surtout de nouvelles données relatives à une tectonique synsédimentaire mésozoïque. À cet effet, on peut rappeler les anomalies de faciès et d'épaisseur du Purbeckien du Jura central, où les coupes dites "anticlinales" et "synclinales" de Carozzi [1948] semblent indiquer de légers paléoreliefs et une subsidence différentielle.

Plus précisément, il faut considérer les associations micropaléontologiques très particulières de certaines coupes du Purbeckien du Jura central en reportant celles-ci par rapport aux accidents majeurs d'origine tardi-hercynienne. Ces nouvelles données sont basées sur les Ostracodes laguno-lacustres d'affinité boréale des genres *Cypridea* et *Mantelliana*, qui caractérisent les Cénozones continentales M1b, M2, M3 et M4 définies d'après des Charophytes-marqueurs par Mojon [in Détraz et Mojon, 1989 ; 1996].

Ces Ostracodes laguno-lacustres spécifiques sont représentés par *Cypridea binodosa* et *Mantelliana cyrton* (M1b, Bonlieu), *Cypridea granulosa granulosa* et *Mantelliana cyrton* (M2, Riedli/Bienne, Maréchet, Source de l'Ain), *Cypridea tuberculata oertlii* (rare espèce endémique, M3, Lavans-les-St-Claude, St-Claude, Chapeau de Gendarme) et de *Cypridea granulosa fasciculata* (M4, Riedli/Bienne, Juracime, Valangin, Feurtilles, Chapeau de Gendarme). Les spécimens de *Cypridea granulosa granulosa*, forme plutôt rare et très localisée dans le Purbeckien du Jura, sont abondantes et remarquablement bien conservées au niveau des coupes du Maréchet et de la Source de l'Ain (cf. § 2 et 2, observations réalisées en été 1991), où leur aspect est tout à fait similaire à celui des formes-types du Purbeckien anglais (sommets du Lower Purbeck – partie inférieure du Middle Purbeck).

2.- DESCRIPTION DE LA COUPE DU MARÉCHET (PURBECKIEN DU JURA CENTRAL)

1) Unité Inférieure Oolithique en gros bancs décimétriques.

2) Sommet du Purbeckien (échantillon Maréchet 5). Marnes brun-foncé à noires (10 cm) avec microfossiles de la Cénozone M3. Charophytes : *Hemiglobator maillardi*, *Perimneste horrida*, *Perimneste micrandra*, *Nodosoclavator bradleyi*, *Clavator reidi*, *Flabellochara grovesi*, *Porochara maxima*, *Porochara jaccardi*, *Porochara fusca*. Ostracodes : *Cypridea* sp. Gastéropodes : *Provalvata helicoides*, *Gyraulus loryi*.

3) 2-3 petits bancs décimétriques (50 cm).

4) Partie supérieure du Purbeckien (échantillons Maréchet 3-4). Marnes gris-clair (blanchâtres) sur environ 1,5 m, à microfossiles caractérisant la Cénozone M2. Charophytes : *Hemiglobator* aff. *protoincrassatus** (formes évoluées à spiralisation peu accentuée), *Perimneste horrida*, *Nodosoclavator bradleyi*, *Clavator reidi*, *Flabellochara grovesi*, *Porochara jaccardi*. Ostracodes : *Cypridea granulosa granulosa** (formes typiques), *Cypridea granulosa protogranulosa*, *Cypridea dunkeri carinata*, *Cypridea tumescens praecursor*, *Cypridea tumescens tumescens*, *Cypridea* gr. *peltoides*, *Fabanella boloniensis*, *Theriosynoecum forbesii forbesii*, *Darwinula leguminella*, *Eoparacypris weedonensis*, *Timiriasevia punctata*, *Bisulcocypris dilatata*, *Scabriculocypris trapezoides*, *Mantelliana cyrton**, *Mantelliana purbeckensis*, *Marslatourella* (*Gigantourella*) aff. *gigantea*, *Damonella pygmaea*, *Paranotacythere favulata*. Gastéropodes : *Provalvata helicoides*, *Proauriculastra dubisiensis*, *Gyraulus loryi*. Dasycladacées (rares) : *Clypeina jurassica*. Foraminifères benthiques : petits Lituolidés (*Feurtilia frequens*).

Dans la partie inférieure des marnes sur 20 cm (éch. 3), *Cypridea granulosa granulosa* est particulièrement abondant. Par contre, sur tout le reste de l'épaisseur de ces marnes, ce sont les Fabanelles et le genre *Paranotacythere* qui prédominent largement en indiquant ainsi une forte influence saumâtre.

5) Banc calcaire (50 cm).

6) Marne brun-foncé (5 cm) à microfossiles de la Cénozone M2 (échantillon Maréchet 2). Charophytes : *Hemiglobator protoincrassatus** (formes typiques), *Clavator reidi*, *Flabellochara grovesi*, *Porochara maxima*, *Porochara jaccardi*, *Porochara fusca*. Ostracodes : *Cypridea* aff. *granulosa granulosa** (formes peu marquées), *Cypridea granulosa proto-granulosa*, *Cypridea dunkeri carinata*, *Cypridea tumescens praecursor*, *Cypridea tumescens tumescens*, *Cypridea* gr. *peltoides*, *Fabanella boloniensis*. Gastéropodes : *Proauriculastra dubisiensis*. Serpules. Vertébrés : dents broyeuses de Pycnodontes (poissons Téléostéens/Actinoptérygiens).

7) 2-3 bancs calcaires décimétriques (environ 1 m, coupe très tectonisée à cet endroit).

8) Marne brun-foncé à noire (5 cm) avec débris charbonneux et microfossiles de la Cénozone M1b (échantillon Maréchet 1). Charophytes : *Hemiglobator praecursor*, *Perimneste horrida*, *Perimneste micrandra*, *Clavator reidi*, *Flabellochara grovesi*, *Porochara jaccardi*. Ostracodes : *Cypridea dunkeri carinata*,

Cypridea tumescens praecursor, *Cypridea tumescens tumescens*, *Theriosynoecum forbesii forbesii*, *Darwinula leguminella*, *Scabriculocypris trapezoides*, *Fabanella boloniensis*, *Paranotacythere favulata*. Gastéropodes : *Provalvata helicoides*, *Juramelanatria rugosa*, *Gyraulus loryi*. Serpules.

3.– DESCRIPTION DE LA COUPE DE LA SOURCE DE L'AIN (PURBECKIEN DU JURA CENTRAL)

1) Unité Inférieure Oolithique.

- a) Bancs calcaires jaunâtres, environ 2 m.
- b) Vire marno-calcaire (20 cm).
- c) Petit banc calcaire gris-jaunâtre (20 cm).

Partie sommitale du Purbeckien :

2) Marnes brun-foncé à noires (échantillons SAi 3-4) sur environ 50 cm, avec microfossiles typiquement lagunolacustres (souvent corrodés et abîmés) des Cénozones continentales M2 et M3. Charophytes : *Hemiglobator maillardi* (éch. SAi 4), *Hemiglobator protoincrassatus* (éch. SAi 3), *Flabellochara grovesi*, *Porochara* spp. Ostracodes : *Cypridea* spp., *Theriosynoecum forbesii forbesii*, *Fabanella boloniensis*. Gastéropodes et nombreux petits Lamellibranches (*Unio* sp.).

3) Banc marno-calcaire gris (30 cm), bréchifié et injecté par les marnes foncées sus-jacentes.

4) Banc calcaire massif gris (1 m).

5) Marno-calcaires gris-verdâtres (échantillons SAi 1-2) sur environ 2,5 m. Nombreux microfossiles lagunolacustres de la Cénozone continentale M2 (cf. Maréchet), avec en plus de remarquables spécimens de *Maillardinus sanctusclaudius* (Gastéropodes).

6) Banc calcaire massif gris (1 m).

4.– CONCLUSIONS

Dans la coupe de la Source de l'Ain, on relève comme au Maréchet un passage très progressif entre les Cénozones continentales M2 et M3. Cette transition graduelle et l'épaisseur inhabituelle de la Cénozone M2 constituent des exceptions notables au niveau du Jura, localisées uniquement dans l'aire particulière correspondant au "fossé du Jura central" et délimitée par les accidents tectoniques majeurs de Morez et de Pontarlier.

Comme on le constate, la Cénozone continentale M2 est représentée sur près de 2 m d'épaisseur, dont 1,5 m de marnes blanchâtres qui se retrouvent dans le synclinal des Uziers à l'ouest de Pontarlier ["marnes blanches" in Donze *et al.*, 1957]. Cette épaisseur assez importante des "marnes blanches" de la partie supérieure du Purbeckien traduit un dépôt continu dans un plan d'eau lagunolacustre relativement profond et homogène, peu ou pas affecté par les événements climatiques d'après l'absence de brèche à cailloux noirs

montrant bien qu'il ne s'agit pas là d'une tempestite comme dans le reste du Jura (cf. chap. 10, § 1.1.).

De plus, il est possible d'observer des formes intermédiaires de *Hemiglobator protoincrassatus* et *Cypridea granulosa granulosa* traduisant probablement une adaptation écologique progressive. Ainsi, les formes typiques de *H. protoincrassatus* sont associées avec des spécimens peu marqués de *C. granulosa granulosa*, dont les formes vraiment caractéristiques sont associées à un niveau supérieur avec des utricules évolués à spiralisation peu accentuée de *H. protoincrassatus* proches de ceux de *H. maillardi*. Ceci résulte probablement du passage d'un milieu saumâtre à salinité variable à un milieu fortement dessalé proche de l'eau douce. Ces observations au sujet de l'association de *H. protoincrassatus* et de *C. granulosa granulosa* sont exactement identiques à celles effectuées dans les coupes de Riedli/Bienne ou de Durlston Bay (Dorset, Sud de l'Angleterre). Il semble donc que les formes typiques de ces deux taxons s'excluent mutuellement et se précèdent légèrement dans le temps, ce qui explique pourquoi *C. granulosa granulosa* si utile dans le cadre de corrélations biostratigraphiques est passé quasiment inaperçu jusqu'à présent dans le Purbeckien du Jura.

Le report sur la fig. 82A des coupes présentant l'association micropaléontologique *H. protoincrassatus* et *C. granulosa granulosa* du faciès "marnes blanches" montre que celles-ci sont confinées dans un large couloir entre les accidents de Morez et de Pontarlier dans le Jura français central, ainsi que dans la région de Bienne du Jura suisse occidental. De là, on peut déduire deux voies de communications préférentielles avec le domaine boréal par le biais de deux principales zones subsidentes : le fossé du Jura central et le fossé rhénan. Ces deux fossés sont séparés par une aire émergente dite "domaine des sebkhas" à faciès évaporitiques dominants couvrant une partie du Jura central (Départements du Doubs et du Jura en France, Cantons de Neuchâtel et de Vaud en Suisse), dont l'existence déduite de nos observations se trouve pleinement confirmée par celles de Maillard [1884a, 1884b].

Toutefois, certains autres éléments micropaléontologiques des coupes citées à l'ouest du fossé du Jura central indiquent également des échanges avec les faciès purbeckiens du domaine boréal (Bassins anglo-parisien et de l'Allemagne du Nord), mais à des moments différents (M1b, M3, M4) à la suite d'une subsidence latérale restreinte et localisée liée à l'accident de Morez. En outre, la présence de *Cypridea granulosa fasciculata* dans la partie inférieure de l'Unité Inférieure Oolithique (Cénozone M4, Berriasien moyen) des coupes de Riedli/Bienne, de la carrière Juracime, de Valangin et de Feurtillies démontre une seconde phase d'échanges entre le Jura suisse occidental et le Bassin de l'Allemagne du Nord par l'intermédiaire de la région de Bienne et du fossé rhénan. Ces divers fossés d'inondation se sont donc constitués de façon alternative et asynchrone à plusieurs reprises entre la fin du Berriasien inférieur (Cénozones M1b et M2) et le début du Berriasien

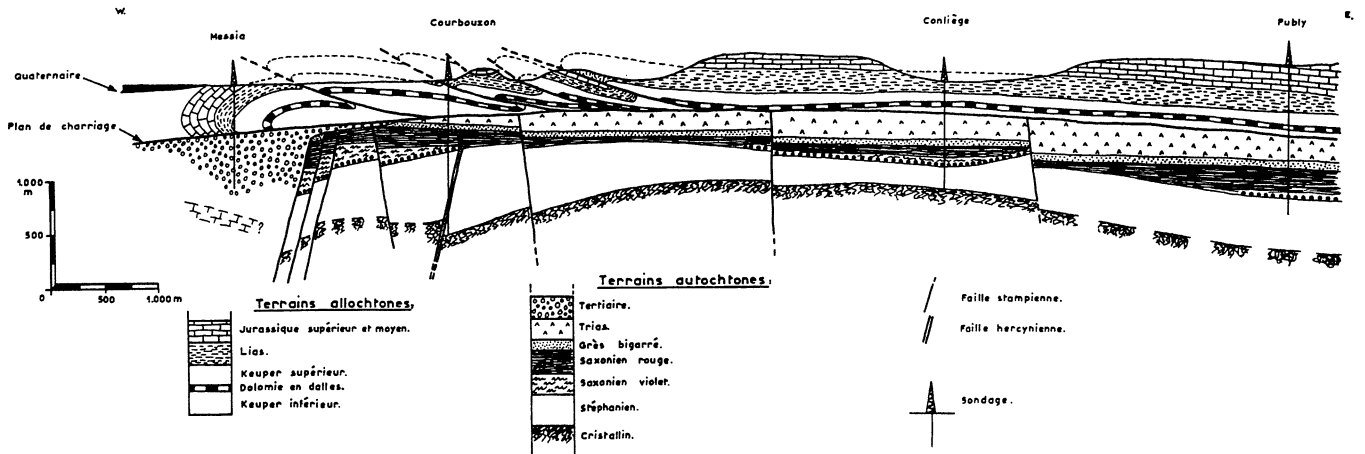


FIG. 83.— Coupe géologique de la région de Lons-le-Saunier montrant le développement du Carbonifère (bassin houiller d'âge stéphanien) et le chevauchement du Jura externe sur le fossé bressan. D'après Lienhardt [1962].

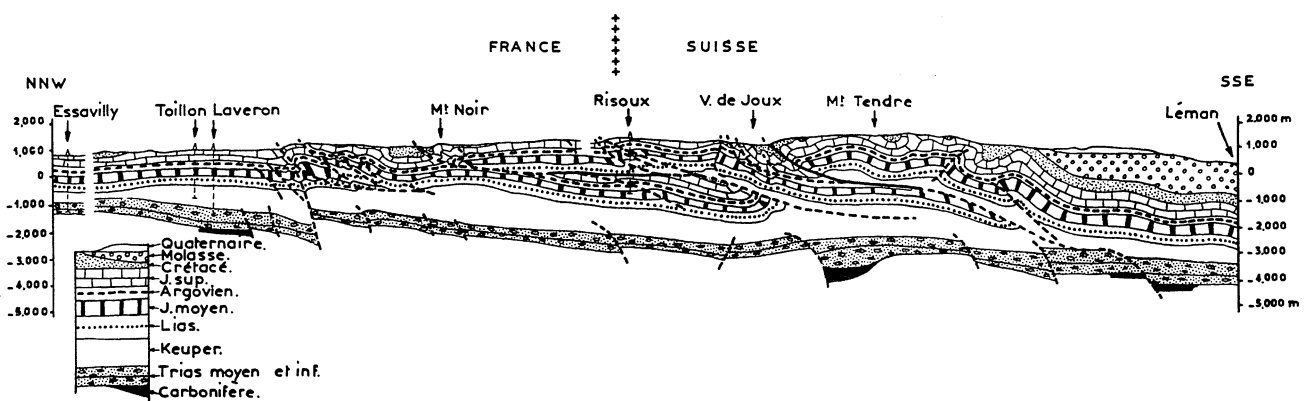


FIG. 84.— Coupe géologique interprétative de la Haute Chaîne du Jura franco-suisse, dont la structure profonde a pu être établie grâce aux indications de mesures géophysiques. D'après Chauve *et al.* [1980].

moyen (Cénozones M3 et M4), ce qui démontre un fonctionnement continu des accidents majeurs tardi-hercyniens qui les délimitent. Ainsi, les mouvements de ces failles au Mésozoïque se rapportent à une phase distensive et non pas compressive comme lors du plissement jurassien ou encore actuellement [Blondel *et al.*, 1988].

En extrapolant sur le fonctionnement permanent des accidents tectoniques d'origine tardi-hercynienne et sur leur rôle fondamental dans la formation des bassins houillers permo-carbonifères de la Chaîne varisque, il est possible de supputer la présence d'importants gisements de charbon d'âge carbonifère sous le Jura central, localisés au voisinage des accidents de Morez et de Pontarlier. Ceci donnerait une certaine importance économique aux observations effectuées au niveau du

Purbeckien, bien que ces gisements houillers soient probablement recouverts par 2000 à 3000 mètres de couverture sédimentaire mésozoïque fortement plissée (fig. 84) qui les rend technologiquement inexploitable pour le moment. De plus, il faudrait aussi tenir compte dans cette perspective du léger décalage latéral des décrochements d'origine tardi-hercynienne par rapport à leurs racines du socle cristallin à la suite du plissement jurassien.

Pour conclure, il faut rappeler que l'existence de gisements houillers carbonifères sous le Jura n'est pas une hypothèse mais un fait avéré, d'après la découverte par sondages en 1960 de l'important bassin houiller de la région de Lons-le-Saunier [fig. 83 ; Lienhardt, 1962] dans le prolongement vraisemblable de la faille du Vuache [Chauve *et al.*, 1980].

Chapitre 9

BIOZONATION CONTINENTALE DU BERRIASIEN DU JURA ET CORRÉLATIONS PLATE-FORME JURASSIENNE – DOMAINES TÉTHYSIEN ET BORÉAL

1.— INTRODUCTION (fig. 85)

Sur la plate-forme jurassienne, une biozonation de Charophytes et d'Ostracodes laguno-lacustres (*Cypridea*) a permis de subdiviser le Berriasien, qui englobe les dépôts émergifs du Purbeckien, de la Formation de Pierre-Châtel et de la Formation de Vions (fig. 85), en 5 Zones d'association ou Cénozones continentales M1 à M5 [Détraz et Mojon, 1989] pouvant être corrélées avec les zonations d'Ammonites [Le Hégarat, 1971 ; Bulot, 1995] et de Calpionelles [Allemann *et al.*, 1971 ; Remane, 1985b] utilisées dans le Sud-Est de la France.

La biozonation des Charophytes [Mojon, 1996 ; ce travail, 2002] basée sur la lignée phylogénétique des *Hemiglobator-Globator* (Clavatoracées) reprend en l'améliorant celle de Grambast [1974], établie essentiellement en Europe méridionale (domaine téthysien). Par contre, la biozonation des Ostracodes laguno-lacustres est basée sur des espèces de *Cypridea* du domaine boréal [Bassin de Paris : Oertli, 1963 ; Dorset, Sud de l'Angleterre : Anderson et Bazley, 1971 ; Anderson, 1974, 1985 ; Horne, 1995 ; Allemagne du Nord : Martin, 1940 ; Wolburg, 1959 ; Wienholz, 1968 ; Kemper, 1973 ; Schudack U., 1994].

Les zones d'association de Charophytes et d'Ostracodes laguno-lacustres du Jura franco-suisse permettent d'établir de bonnes corrélations entre les faciès de type purbeckien des domaines téthysien et boréal et de positionner avec précision la limite Jurassique/Crétacé dans ces deux aires paléogéographiques. D'après la corrélation proposée par Casey [1974] et Casey *et al.* [1977] avec la zonation boréale d'Ammonites, les Cinder Beds du Middle Purbeck anglais se placeraient dans la Zone à *Runctoni* et correspondraient donc à la partie basale du Ryazanien boréal (Crétacé inférieur basal). Cette attribution est couramment admise et est devenue conventionnelle en Angleterre [Wimbledon et Hunt, 1983].

Plus précisément, Morter [1984] a attribué la partie supérieure du Lower Purbeck anglais (Upper Soft Cockle Beds) à la Zone à *Lamplughii* du sommet du Volgien, la partie inférieure du Middle Purbeck (Freshwater Beds) se plaçant donc déjà dans la Zone à *Runctoni*. Cependant, la corrélation établie entre les Marnes à gypse du Purbeckien du Jura et les Upper Soft Cockle Beds du Lower Purbeck anglais [Détraz et

Mojon, 1989 ; Blanc et Mojon, 1996 ; ce travail] démontre que ceux-ci correspondent en fait déjà aux premiers dépôts d'âge crétacé (fig. 87).

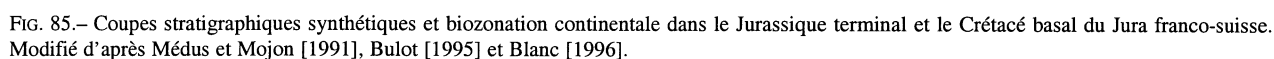
D'autre part, le sommet de la Portland Stone (partie supérieure des Portland Beds équivalant au Portlandien anglais), caractérisée en particulier par des Perisphinctidés géants comme *Titanites giganteus* (DE SOWERBY), a été corrélié avec la base de la Zone à *Oppressus* et se place donc dans la partie supérieure du Volgien ou Jurassique terminal du domaine boréal [Wimbledon et Cope, 1978].

Il faut aussi faire remarquer que la Zone téthysienne à "*Gravesia*"/*Hybonotum* (Tithonien inférieur-moyen), qui se rapporte à la partie inférieure du "Portlandien" du Jura franco-suisse, se place dans la partie moyenne du Kimmeridge Clay ("Kimméridgien") de l'Angleterre [Arkell, 1956] et que, par conséquent, le "Portlandien" du Jura présente donc une extension chronostratigraphique beaucoup plus large que le Portlandien anglais.

D'après les données biostratigraphiques ci-dessus permettant d'utiliser la zonation boréale d'Ammonites conjointement aux corrélations établies entre le Purbeckien du Jura franco-suisse et les Purbeck Beds du Sud de l'Angleterre, il ressort que la limite Jurassique/Crétacé au sens téthysien se place à la base des Marnes à gypse du Purbeckien jurassien et est située en domaine boréal dans la partie inférieure (mais non basale!) du Lower Purbeck anglais correspondant à la partie sommitale du Volgien [= Berriasien inférieur ; Blanc et Mojon, 1996 ; fig. 88], soit légèrement plus bas stratigraphiquement que celle positionnée à la base du Ryazanien (= Berriasien moyen) par Hoedemaeker [1991] et Allen et Wimbledon [1991].

Ainsi, la biozonation continentale du Berriasien du Jura franco-suisse permet de résoudre indirectement et de manière originale le problème de corrélation entre les zones d'Ammonites téthysiennes et boréales de la limite Jurassique/Crétacé [Wiedmann, 1968 ; Zeiss, 1983 ; Hoedemaeker, 1987, 1991 ; Zakharov *et al.*, 1996].

Enfin, les données de la palynologie concernant le Berriasien émergif du Jura [Médus et Mojon, 1991] confirment pleinement les corrélations établies dans le domaine boréal avec les dépôts portlandiens et purbeckiens de la limite Jurassique/Crétacé [Dörhöfer et Norris, 1977a, 1977b ; Norris, 1985 ; Hunt, 1985, 1987], ainsi que dans le domaine téthysien avec les faciès de



type purbeckien de Sardaigne [Chabrier *et al.*, 1975 ; Chabrier et Fourcade, 1975 ; Azéma *et al.*, 1977] et des Pyrénées [Brenner *et al.*, 1974 ; Barale *et al.*, 1984].

2.- LIMITE JURASSIQUE/CRÉTACÉ ET FACIÈS PURBECKIENS (BERRIASIEN INFÉRIEUR-MOYEN / VOLGIEN – RYAZANIEN)

2.1. Description des horizons 69 à 89 de la coupe de Durlston Bay (Dorset, Sud de l'Angleterre), (fig. 86)

Cette description se rapporte à l'intervalle de bancs reporté sur la coupe de la fig. 86 [échantillons DB 69 à 89 ; Lulworth et Durlston Formations in Horne, 1995]. D'une manière générale, la partie supérieure des Soft Cockle Beds (Lower Purbeck) est pauvre en microfossiles (Ostracodes : *Fabanella boloniensis*, *Cypridea tumescens praecursor*, *Cypridea dunkeri carinata*, *Cypridea peltoides*, *Cypridea granulosa proto-granulosa*).

– **DB 69 à 74.** Bancs marno-calcaires gris clair sur environ 2,5 m d'épaisseur depuis la base de la falaise (plage au niveau de la Manche). Au sommet du banc 70a, niveau de marne grise assez foncée (5 cm) avec débris d'os, de dents et d'écailles (poissons), Ostracodes : *Cypridea* aff. *granulosa granulosa* (formes primitives) et *Fabanella boloniensis*, microcristaux de gypse. Ce niveau de la partie tout à fait supérieure des Soft Cockle Beds (Lower Purbeck) s'intègre déjà dans la Cénozone continentale M2 (partie supérieure du Berriasien inférieur).

– **DB 75.** Marne beige foncé (12 cm) caractérisant la Cénozone continentale M2. Ostracodes : *Cypridea granulosa granulosa* (formes typiques et très abondantes, taxon largement dominant : 90% des Ostracodes), *Cypridea dunkeri carinata*, *Cypridea tumescens praecursor*, *Fabanella boloniensis*, *Eoparacypris weodonensis* et *Paranotacythere favulata*, Charophytes : *Hemiglobator protoincrassatus* (formes déjà évoluées à cellules en général plus ou moins dés spiralisées évoquant *H. maillardi* de la Cénozone continentale M3 du sommet du Purbeckien du Jura franco-suisse), Gastéropodes : *Proauriculastra dubisiensis*, rares dents de Pycnodontes ainsi que débris d'os et d'écailles (poissons Téléostéens/Actinoptérygiens). Ce niveau constitue la base des Marly Freshwater Beds (Middle Purbeck).

Il s'agit d'un milieu de dépôt à dominance eau douce, qui devait probablement former des flaques plus ou moins profondes (creux, trous d'eau) d'après l'inégale répartition ainsi que la relative rareté des utricules de *H. protoincrassatus* [matériel conservé dans la collection M. Feist à l'Université des Sciences et Techniques du Languedoc, éch. USTL CF 2911 ; in Feist *et al.*, 1995].

– **DB 76.** Petit banc calcaire massif de couleur beige clair (10 cm), à débris coquilliers (packstone).

– **DB 77.** Marne beige assez foncée (12 cm). Ostracodes : *Cypridea granulosa granulosa* (taxon dominant), *Cypridea dunkeri carinata*, *Fabanella boloniensis*, *Scabriculocypris trapezoides*, *Darwinula leguminella* et *Eoparacypris weodonensis*, Gastéropodes : *Proauriculastra dubisiensis*, débris de dents de Pycnodontes et d'écailles (poissons Téléostéens/Actinoptérygiens), microcristaux de gypse.

– **DB 78.** Calcaire marneux beige.

– **DB 79.** Marne beige assez foncée formant une petite vire (10 cm). Ostracodes : *Cypridea granulosa granulosa* (taxon dominant), *Cypridea dunkeri carinata*, *Cypridea tumescens praecursor*, *Fabanella boloniensis*, *Macrodentina (Dictyocythere) mediostricta transfuga*, *Mantelliana wealdensis*, *Darwinula leguminella* et *Scabriculocypris trapezoides*, Charophytes : *Flabellochara grovesi*, *Clavator reidi* (thalles), *Latochara mensinki* et *Mesochara harrisi*, Gastéropodes : *Provalvata helicoides*, *Proauriculastra dubisiensis* et *Gyraulus loryi*, Lamellibranches : *Neomiodon* sp., Vertébrés : dents de Sélaciens ainsi que débris d'os et de dents de poissons Actinoptérygiens/Téléostéens, microcristaux de gypse.

– **DB 80.** Calcaire gris clair formant un banc massif plus dur.

– **DB 81.** Marno-calcaires gris clair formant une vire importante (70 cm), avec *Cypridea granulosa granulosa*, *Cypridea dunkeri carinata*, *Cypridea tumescens praecursor*, *Fabanella boloniensis* et *Theriosynoecum forbesii forbesii*, rares dents de Sélaciens, microcristaux de gypse.

– **DB 82.** À la base (82a), petit banc calcaire massif beige (3 cm) à débris coquilliers (packstone). Reste du banc (82b) constitué de calcaire marneux beige (40 cm).

– **DB 83.** Partie inférieure constituée de marne brune très foncée (5-10 cm) avec Ostracodes : *Cypridea granulosa granulosa*, *Cypridea dunkeri carinata*, *Cypridea tumescens tumescens*, *Fabanella boloniensis* et *Theriosynoecum forbesii verrucosa*, Charophytes : *Flabellochara grovesi* et *Porochara maxima*, Gastéropodes : *Provalvata helicoides*, *Proauriculastra dubisiensis* et *Prophysa bristovii*, Lamellibranches : *Neomiodon* sp., Vertébrés : otolithes ainsi que débris d'os et de dents (Pycnodontes) de poissons Téléostéens/Actinoptérygiens, petites dents de Crocodiliens ainsi que plaques dermiques et mâchoires de Lacertiliens, microcristaux de gypse.

Puis, marno-calcaires brun foncé (15 cm) et, au sommet, marne brun-noir très foncée (5-10 cm) avec Ostracodes : *Mantelliana wealdensis* (taxon dominant), *Cypridea granulosa granulosa*, *Cypridea tumescens praecursor* et *Scabriculocypris trapezoides*, Gastéropodes : *Provalvata helicoides* et *Prophysa bristovii*, débris d'os et de dents (poissons), ainsi que plaques dermiques de Lacertiliens, débris charbonneux et fragments de lignite, microcristaux de gypse et présence de laminations (varves saisonnières ?).

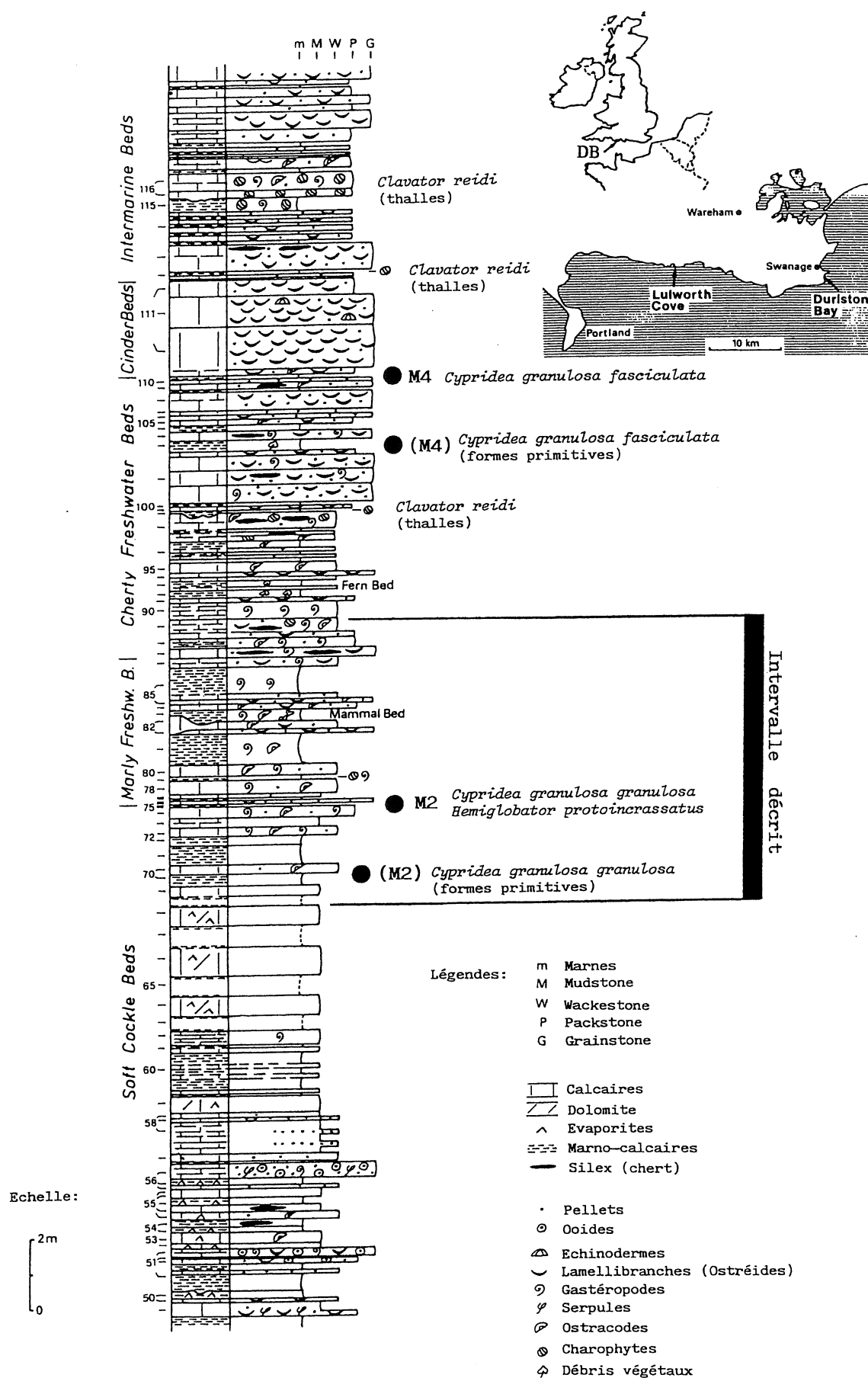


FIG. 86.- Coupe de Durlston Bay (DB, Dorset, Sud de l'Angleterre) avec les principaux éléments de datation et de corrélation litho- et biostratigraphiques (levé inédit A. Strasser, juillet 1986).

Ce niveau DB 83 constitue le Mammal Bed célèbre pour sa microfaune de Mammifères primitifs (dents et portions de mâchoires), qui ravine le banc DB 82. Il s'agit d'un milieu de dépôt typiquement laguno-lacustre à forte dominance eau douce, assez profond et à importants apports terrestres (matière organique, lignite, Mammifères).

- **DB 84.** Banc calcaire gris clair.

- **DB 85.** Marno-calcaires gris clair (50 cm), avec à la base un petit banc calcaire (20 cm). Ce niveau forme une petite vire.

- **DB 86.** Banc calcaire beige.

- **DB 87 à 89.** Bancs calcaires massif de couleur beige-jaunâtre (80 cm) et avec rognons (nodules) de silex. Ces niveaux constituent la partie basale des Cherty Freshwater Beds (Middle Purbeck).

Au total, l'intervalle de bancs décrit ci-dessus mesure environ 8 m d'épaisseur. Les niveaux **DB 75 à 84** sont particuliers, car ils constituent des lentilles fossilifères discontinues riches en Ostracodes et autres microfossiles (Charophytes, Gastéropodes). Ces lentilles se prolongent latéralement plus ou moins régulièrement le long de la falaise de Durlston Bay et présentent localement de véritables accumulations ponctuelles de microfossiles (fonds de mares, action de courants ?). Certains microorganismes sont très abondants et dominants (Ostracodes), alors que d'autres sont plutôt rares (*Hemiglobator protoincrassatus*). Manifestement, certains emplacements privilégiés ont dû être plus favorables au développement ou à l'accumulation des Ostracodes, Charophytes et Gastéropodes.

Globalement, les Marly Freshwater Beds correspondent à la Cénozone continentale M2, alors que les Cherty Freshwater Beds se rapportent à la Cénozone continentale M3 et au passage avec la Cénozone continentales M4. Ainsi, le Fern Bed ou "banc à Fougères" d'après l'abondance des spores et débris de Ptéridophytes attestant le développement de marécages (**DB 93** avec *Cypridea posticalis* JONES, 1885 et *Cypridea dunkeri dunkeri* JONES, 1885 – ANDERSON, 1971) serait-il contemporain de l'établissement de vastes aires lacustres et palustres sur le Jura français central au sommet du Purbeckien.

Alors que *Cypridea granulosa granulosa* caractérise les bancs **DB 85, 88-89** (avec *Cypridea* gr. *tumescens*) et **96**, des formes de passage entre ce taxon et *Cypridea granulosa fasciculata* commencent à apparaître dans le Flint Bed (**DB 97** caractérisé par *Cypridea granulosa* aff. *fasciculata*, *Cypridea tumescens praecursor* et *Cypridea tumescens tumescens*, *Provalvata helicoides* et *Proauriculastra dubisiensis*) et se généralisent dans les bancs **DB 102 et 104** (Cénozone continentale M4) après une première ingression marine importante.

Au-dessus des Cinder Beds, les Intermarine Beds sont caractérisés dès leur partie basale (**DB 115**) par une faune d'Ostracodes très typique dominée à 90% par *Cypridea granulosa fasciculata* (80% des Ostracodes

présents) et *Bisulcocypsis striata* (MARTIN, 1940) – PINTO & SANGUINETTI (1962), d'autres formes étant également présentes (*Cypridea tumescens praecursor*, *Cypridea tumescens tumescens*, *Damonella ellipsoidea*, *Darwinula leguminella*) avec de petites dents, vertèbres et plaques dermiques de Vertébrés (Pycnodontes, poissons Téléostéens/Actinoptérygiens, Crocodiliens) ainsi que des Gastéropodes (*Viviparus arkelli*, *Provalvata helicoides*, *Provalvata sabaudiensis*, *Prophysa bristovii*, *Gyraulus loryi*).

2.2. Berriasien inférieur/Volgien (fig. 87-88)

Sur la plate-forme jurassienne, le Berriasien inférieur (Zone à *Jacobi-Grandis*) correspond au Purbeckien, qui est caractérisé par des dépôts marins peu profonds à émergifs variés (terrestres, évaporitiques, lagunaires et lacustres). Les Charophytes et les Ostracodes d'eau douce récoltés dans les horizons laguno-lacustres appartiennent aux Zones d'association ("assemblage Zones") ou Cénozones continentales M1 à M3.

La Cénozone M1 peut être subdivisée en deux Cénozones secondaires caractérisées dans le Jura par *Clypeator discordis* (M1a) et *Hemiglobator praecursor* (M1b) ainsi que certains Ostracodes lacustres (*Cypridea*) et Foraminifères benthiques (*Anchispirocyclina*) :

– **La Cénozone M1a** est caractérisée par *Clypeator discordis* et *Cypridea tumescens acrobeles*, par l'apparition de *Cypridea granulosa protogranulosa*, ainsi que par l'abondance et la fréquence de *Porochara maxima* et de *Mantelliana purbeckensis*. Cette Cénozone M1a correspond à la partie basale du Purbeckien, qui est représentée dans le Jura central par des faciès de sebkha à intercalations laguno-lacustres et dans le Jura méridional par des dépôts marins à *Anchispirocyclina lusitanica* [in Ainardi, 1975] et épisodes émergifs avec calcrêtes, galets noirs et marnes vertes [Strasser et Davaud, 1982 ; Davaud *et al.*, 1983 ; Deconinck et Strasser, 1987].

– **La Cénozone M1b** est caractérisée par *Hemiglobator praecursor*, *Cypridea dunkeri carinata*, *Cypridea tumescens praecursor* et *Cypridea tumescens tumescens*. Cette Cénozone M1b se distingue aussi par l'abondance et la fréquence particulières de deux taxons de Charophytes : *Dictyoclavator fieri* dans le Jura français central et méridional, ainsi que *Porochara maxima* qui reste prédominante dans le Jura suisse occidental. De plus, *Cypridea binodosa* (un seul gisement reconnu) apparaît localement dans la partie inférieure de M1b. Au point de vue paléogéographique, l'aire de répartition de *C. binodosa* est localisée dans la partie ouest du Jura français central et présente un grand intérêt. En effet, ce taxon est bien représenté dans la Serpulite d'Allemagne du Nord et dans la partie supérieure du "Purbeckien inférieur" (= Lower Purbeck

Lithostratigraphie				Jura franco-suisse		Biozonation des Ostracodes									
Dorset		Weald				Assemblages		Faunicycles		Biozones					
P U R B E C K	UPPER		Wadhurst Clay	HASTINGS BEDS		Valanginien inférieur	Marnes d'Arzier Calcaire roux	8	<i>Cypridea paulsgrovensis</i> <i>C. laevigata</i> and <i>C. tuberculata</i> typical	to	<i>Cypridea paulsgrovensis</i>				
			Ashdown Sand					7	<i>Cypridea brevirostrata</i> <i>C. setina</i> and <i>C. wicheri</i> with subspecies	Rye 47 Hythe 46 to	<i>Cypridea brevirostrata</i>				
			Upper Cypris Clays and Shales, with Marbles							Battle 40 Tyneham 39 to	<i>Cypridea setina</i>				
	MIDDLE		Upper Broken Shell Lst.	Biozonation des Charophytes	BASAL	Berr. sup. Vions /U.S.G.	Chambotte inf.	U.M. C.M.	6	<i>Cypridea propunctata</i> <i>C. setina</i> and <i>C. wicheri</i>	to				
			Chief Beef Beds						Greys Limestones		Greenwood 33	33			
			Corbula Beds						Incl. Beef Beds		Poxwell 32		<i>Cypridea vidrana</i>		
			Scallop Beds								to				
			Inter marine Beds						Arenaceous Beds		Corfe 26 Royal 25	26			
			Cinder Beds						Cinder Beds		to		<i>Cypridea granulosa</i>		
	LOWER		Cherty Freshwater Beds	Plant and Bone Beds	CRETACE Berriasien inf. - Purbeckien	Couches nymphéennes	3		4	maximum of <i>Cypridea granulosa</i>	to				
			Marly Freshwater Beds										Netherfield 19		
													Swanage 18	16	
			Soft Cockle Beds	Broad oak Calcareous Member									Blues Limestones	to	
				Bastard Blues									Ringstead 12		
				Rounden Greys									Penshurst 11	<i>Cypridea dunkeri</i>	
		H. Cockle Beds		Dunkshaws Lst									to		
			Ice House Lst				2	<i>Cypridea dunkeri</i> dominant in C. phase <i>Fabianella boloniensis</i> dominant in S. phase	Swindon 5						
			Adit Lst						Stair 4						
									to						
									Quinton 1	1					

FIG. 87.— Tableau des corrélations entre les faciès purbeckiens du Sud de l'Angleterre et du Jura franco-suisse d'après les Ostracodes (*Cypridea*) et les Charophytes (*Hemiglobator*). Données complétées d'après Anderson [1985] et Feist *et al.* [1995].

- Cénozone continentale M2 : *H. protoincrassatus*. Forage Fairlight, -962-963 feet (-293 mètres), sommet du Broadoak Calcareous Member.
- Cénozone continentale M1b : *H. praecursor*. Forage Fairlight, -971-972 feet (-296 mètres), sommet du Broadoak Calcareous Member et à -1042-1043 feet (-320 mètres), partie basale du Broadoak Calcareous Member.
- Cénozone continentale M1a : *H. rectispirale*. Forage Fairlight, -2051 feet (-625 mètres), partie supérieure des Gypsiferous Beds.

anglais) du Bassin parisien [Oertli, 1963], ce qui permet de mettre en évidence dans cette partie du Jura une communication et des échanges fauniques directs avec le domaine boréal conformément à l'opinion émise par Colin et Oertli [in Oertli *et al.*, 1985].

En Angleterre, dans le Middle Purbeck du Dorset, l'espèce *C. binodosa* (carapace caractérisée par deux nodosités placées respectivement à l'avant et à l'arrière de la valve gauche) n'est pas représentée et est remplacée par *Cypridea posticalis* JONES, 1885, une

espèce parente chez laquelle seule la nodosité postérieure est développée [Anderson et Bazley, 1971 ; Anderson, 1985]. D'après Wienholz [1968 ; in Jordan et Bless, 1971], ces deux taxons sont probablement synonymes puisque certaines carapaces pouvant leur être attribuées présentent respectivement une, deux ou pas de nodosités du tout.

La Cénozone M2 est caractérisée par *Hemiglobator protoincrassatus*, *Cypridea granulosa granulosa* (taxon plutôt rare et très localisé dans le Jura pour la même raison que *C. binodosa*), *Cypridea dunkeri carinata* et les mêmes formes de *Cypridea* gr. *tumescens* que dans M1b (aussi présentes dans M3).

Enfin, la **Cénozone M3** se distingue grâce à *Hemiglobator maillardi* et *Cypridea tuberculata oertlii*.

Bien développées dans le Jura central, ces deux Cénozones M2 et M3 sont inégalement représentées dans le Jura méridional : M2 par un horizon conglo-mératique de marnes vertes très condensé et peu épais, alors que M3 est absente.

Les Cénozones continentales M1b, M2 et M3 ainsi définies se rapportent aux Couches nymphéennes (faciès à dominance laguno-lacustre) du Purbeckien du Jura franco-suisse.

Les Ostracodes du genre *Cypridea* permettent d'établir des corrélations précises entre le Purbeckien du Jura et le Purbeckien anglais [partie supérieure du Lower Purbeck pour *C. tumescens acrobeles* et *C. granulosa protogranulosa*, assemblages d'Ostracodes 1 et 2 selon Anderson, 1985], ainsi qu'en Allemagne du Nord avec la Katzberg-Folge/Membre de Katzberg [Kemper, 1973 ; Schudack, U., 1994] ou Oberer Münder Mergel et la partie basale de la Serpulite (*C. tumescens acrobeles* et *Mantelliana purbeckensis*), ainsi que la Serpulite [*C. dunkeri carinata*, *C. tumescens praecursor*, *C. binodosa* et *C. gr. granulosa*, assemblage d'Ostracodes 3 selon Anderson, 1985]. Ces assemblages de *Cypridea* du Lower Purbeck anglais ainsi que des Membres de Katzberg et de la Serpulite ont également été reconnus en Pologne [Marek *et al.*, 1971 ; Bielecka, 1975] et au Danemark [Christensen Bruun, 1963, 1968, 1974].

En ce qui concerne les Charophytes, certaines Clavatoracées permettent aussi d'excellentes corrélations. Ainsi, *Clypeator discordis* a été signalé dans l'Oberer Münder Mergel et la partie basale de la Serpulite [Feist et Schudack, 1991], ainsi que dans la partie basale du Lower Purbeck anglais [Feist *et al.*, 1995]. D'autre part, *Hemiglobator praecursor* et *Hemiglobator protoincrassatus* caractérisent respectivement les parties inférieures et supérieures de la Serpulite d'Allemagne du Nord [Schudack, 1990, 1993 ; Feist et Schudack, 1991] et du Lower Purbeck anglais [Feist *et al.*, 1995].

Toutes ces données sont résumées dans Blanc et Mojon [1996] et présentées sur les fig. 88-89. Les faciès

purbeckiens du domaine boréal ont livré la flore de Charophytes suivante (chap. 6) :

Clavatoracées :

Hemiglobator protoincrassatus.

Hemiglobator praecursor.

Perimneste horrida.

Perimneste micrandra [Pl. 14, fig. 5 in Harris, 1939].

Nodosoclavator bradleyi (= *Clavator westi* BARKER, BROWN, BUGG & COSTIN, 1975).

Clavator reidi.

Flabellochara grovesi.

Clypeator discordis.

Porocharacées :

Porochara maxima.

Latochara mensinki [= *Chara* sp. b de la Serpulite, fig. 132 à 137 in Martin, 1940].

Latochara collina.

Characées :

Aclistochara spp.

Mesochara harrisi [= *Chara* sp. a du Wealden de l'Allemagne du Nord, fig. 124 à 131 in Martin, 1940].

Mesochara spp., *Peckisphaera* spp.

À part *C. reidi* et *F. grovesi* qui sont assez largement représentés dans le Lower et le Middle Purbeck, *H. protoincrassatus*, *P. horrida*, *P. micrandra*, *N. bradleyi*, *P. maxima*, *L. mensinki* et les Characées caractérisent la partie supérieure du Lower Purbeck (Upper Soft Cockle Beds) et la partie inférieure du Middle Purbeck (Freshwater Beds), soit l'Oberer Münder Mergel et la Serpulite de l'Allemagne du Nord. D'autre part, la partie inférieure du Lower Purbeck présente *H. rectispirale* et *N. bradleyi* (Hard and Soft Caps et Broken Beds, Jurassique terminal). *H. praecursor* apparaît un peu plus haut stratigraphiquement au niveau des *Cypris* Freestones, Hard Cockle Beds et Soft Cockle Beds/Broad oak Calcareous Member d'âge crétacé basal. Enfin, il faut encore préciser que certains taxons comme *P. gr. horrida-micrandra*, *N. bradleyi*, *C. reidi* et *F. grovesi* sont présents jusque dans la partie inférieure de l'Upper Purbeck [Harris, 1939].

Dans le domaine téthysien, les faciès purbeckiens du Berriasien inférieur sont également très bien représentés. De l'Espagne, Brenner [1976] a figuré *H. praecursor*, *D. fieri*, *P. maxima*, *C. discordis*, *C. gr. granulosa* et *C. dunkeri carinata* (Cénozones continentales M1a et M1b). Dans un cadre plus général, les études portant sur les Ostracodes des faciès purbecko-wealdiens de l'Espagne [Kneuper-Haack, 1966 ; Ramirez del Pozo, 1969 ; Brenner, 1976] montrent que ces dépôts sont remarquablement développés dans l'ensemble du Crétacé inférieur (intervalle Berriasien-Albien), en alternance avec de nombreuses intercalations marines.

Au Portugal, les faciès purbeckiens contiennent en abondance des Anchispirocyclines (*A. lusitanica*), des Charophytes, ainsi que des Ostracodes et des Gastéropodes laguno-lacustres de la Cénozone continentale

M1a d'après nos données (coupe d'Atrozela, région de Lisbonne) et celles de Rey *et al.* [1968], Ramalho et Rey [1969, 1975], Rey et Ramalho [1974], Ramalho [1971] et Rey [1972] :

CHAROPHYTES :

Clavatoracées :

Hemiglobator rectispirale [Pl. 33, fig. 7 in Ramalho, 1971].

Dictyoclavator fieri.

Perimneste horrida.

Perimneste micrandra.

Nodosoclavator bradleyi.

Clavator reidi.

Flabellochara grovesi.

Clypeator discordis.

Porocharacées :

Porochara maxima.

Porochara jaccardi.

OSTRACODES LAGUNO-LACUSTRES :

Fabanella boloniensis.

Mantelliana purbeckensis.

Cypridea gr. *dunkeri*.

Cypridea tumescens praecursor.

Theriosynoecum forbesii forbesii.

GASTÉROPODES :

Valvata helicoides.

Dans le domaine téthysien, les Anchispirocyclines ("Ibérines") ont une grande importance biostratigraphique, car en complément aux *Cypridea* celles-ci permettent d'attribuer la Cénozone M1a de la partie inférieure du Purbeckien du Jura au Berriasien basal. Ainsi, au niveau de la Mésogée, *A. lusitanica* est répandue d'après Benest [1985] dans le Jurassique terminal ("Portlandien"/Tithonien) et le Crétacé basal (Berriasien inférieur).

Au Portugal, une étude magnétostratigraphique [Galbrun *et al.*, 1990] permet de placer plus précisément l'extinction de *A. lusitanica* dans le Berriasien inférieur (Zone à *Jacobi-Grandis*), et non pas dans le Berriasien supérieur [Ramalho 1971 ; in Ramalho et Rey, 1975] en l'absence d'arguments biostratigraphiques sûrs. Au sujet de ce dernier point, il faut souligner ici le caractère remarquable et paradoxal de la persistance dans le Crétacé basal de *A. lusitanica*, dont les tests planispiralés-discoïdes à loges non embrassantes sont, selon le schéma évolutif de Septfontaine [1988], d'un type plus primitif que ceux réniformes à loges embrassantes et presque annulaires de *Pseudospirocyclina maynci* HOTTINGER, 1967 du Jurassique supérieur (Kimméridgien et "Portlandien"/Tithonien).

Enfin, il faut signaler ici que les marnes à *Proto-cythere revili* et Anchispirocyclines du Berriasien inférieur basal de l'Algérie occidentale [Benest, 1985] ont également été reconnues au Portugal (Porches, Algarve ; échantillon transmis par P.Y. Berthou en 1989).

Concernant les Ostracodes, il semble que les *Cypridea* puissent permettre d'établir en Eurasie des corrélations sur de très longues distances. Ainsi, des formes proches de *C. granulosa protogranulosa*, *C. gr. dunkeri*, *C. gr. tumescens*, *C. gr. peltoides* et *C. vidrana* (Berriasien moyen) de l'Europe occidentale ont été signalées en Chine par Deying [1987]. De même, des corrélations d'un grand intérêt biostratigraphique et paléogéographique semblent possibles avec les dépôts purbecko-wealdiens de la Russie (Dobroudja, Crimée, Dépression du Dniepr-Donetz, Sibérie) grâce aux *Cypridea* [Andreev et Mandelstam, 1971] et aux Charophytes [Shaïkin, 1976 ; Shaïkin *et al.*, 1992]. Encore mal établies faute de données précises, de telles corrélations devraient absolument être développées par la suite pour préciser la position de la limite Jurassique/Crétacé en Eurasie.

2.3. Berriasien moyen/Ryazanien (fig. 87-88)

Les horizons laguno-lacustres d'âge berriasien moyen (Zone à *Occitanica*) visibles à la base de la Formation de Pierre-Châtel du Jura (Unité Inférieure Oolithique) ne sont bien représentés que dans le Jura central. Dans le Jura méridional, ces niveaux émergifs sont remplacés par des faciès de lagon marin.

Les Charophytes *Hemiglobator neocomiensis* et *Dictyoclavator neocomiensis* caractérisent dans ces dépôts laguno-lacustres la Cénozone continentale M4, en association avec des *Cypridea* de la partie moyenne du Middle Purbeck anglais [assemblages d'Ostracodes 4 et 5 selon Anderson, 1985] ainsi que du Wealden 1 et 2 de l'Allemagne du Nord (*Cypridea granulosa fasciculata*, *Cypridea amisia* et *Cypridea vidrana*). De plus, *Macrodentina* (*Dictyocythere*) *mediostricta transfuga*, un Ostracode du gr. *mediostricta* de milieu lagunaire saumâtre du Middle Purbeck anglais et du Wealden 1 à 6 de l'Allemagne du Nord [Bückeberg-Folge de Kemper, 1973], apparaît également dans les niveaux laguno-lacustres de la Cénozone M4. Dans le Purbeckien anglais, il faut relever que l'auteur a récolté ce dernier taxon un peu plus bas que ce qui est indiqué dans Anderson et Bazley [1971] et Anderson [1985] au niveau des Marly Freshwater Beds (DB 79) et non plus seulement des Intermarine Beds.

Les Ostracodes laguno-lacustres des genres *Cypridea* et *Macrodentina* permettent de corréler précisément l'Unité Inférieure Oolithique du Jura avec les Cinder Beds du Middle Purbeck anglais, qui se rapportent ainsi au même événement transgressif majeur [Mojon, 1989c ; Blanc et Mojon, 1996].

Enfin, au niveau du domaine téthysien, les émergions localisées de la Cénozone continentale M4 du Jura ont été corrélées par Blanc et Mojon [1996] avec les glissements gravitaires des séquences Be3 (sous-zone à *Subalpina*) et surtout Be4 (sous-zone à *Privasensis*) définies par Jan du Chêne *et al.* [1993] dans la coupe-type de Berrias. Dans le Jura, ces données

	Etages boréaux	SW Angleterre	NW Allemagne	Jura franco-suisse	Etages mésogéens
C R E T A C E B A S A L	VALANGINIEN INF.	WEALDEN <i>p. p.</i>	VALENDIS Valanginien marin	Fm Chambotte sup. Marnes à <i>Astieria</i> -Bryozoaires Calcaires roux limoniteux et marneux	VALANGINIEN SUP.
		Hastings Beds	Wealden 5 - 6	"Calcaires roux" Marnes d'Arzier/ Membre du Guiers	VALANGINIEN INF.
	RYAZANIEN	UPPER PURBECK	Wealden 4	Fm Chambotte inf.	SUP.
			Wealden 3	Fm Vions / U.S.G.	
		MIDDLE PURBECK	Wealden 2	U. M. C. M. Marbre bâtard	MOYEN
		Cinder Beds	Wealden 1	U. I. O.	
	VOLGIEN	LOWER PURBECK	Serpulit	Couches nymphéennes "PURBECKIEN"	INF.
			Katzberg	Marnes à gypse Fm Goldberg	
		PORTLAND STONE	Fm Munder Eimbeckhäuser Plattenkalke	"PORTLANDIEN" Fm Twannbach Fm Tidalites de Vouglans	TITHONIEN
JURASSIQUE TERMINAL					

FIG. 89.- Tableau de corrélation entre les faciès purbecko-wealdiens (Berriasien-Valanginien) du domaine boréal (Allemagne du Nord, Sud de l'Angleterre) et du Jura franco-suisse (domaine téthysien, Mésogée).

permettent d'attribuer l'U. I. O. à la sous-zone à *Subalpina* et le Marbre bâtard à la sous-zone à *Privasensis*, en précisant la corrélation entre les zonations d'Ammonites boréales et téthysiennes qui met de cette façon en rapport la Zone boréale à *Runctoni* (base du Ryazanien) avec la sous-zone téthysienne à *Subalpina* (base du Berriasien moyen).

3.- FACIÈS WEALDIENS (BERRIASIEN SUPÉRIEUR / RYAZANIEN - VALANGINIEN), (fig. 87-89)

Les horizons émerifs de la Cénozone continentale M5 d'âge berriasien supérieur (Zone à *Boissieri*) correspondent sur la plate-forme jurassienne à la Formation de Vions ou à ses équivalents latéraux de la zone présubalpine (Formation d'Allèves *p. p.*). C'est

dans le Jura français méridional et en Chartreuse occidentale que les dépôts émerifs de la Formation de Vions et ses équivalents latéraux sont les mieux représentés. Ceux-ci sont absents dans le Jura suisse occidental, où la Formation de Vions est tronquée.

Ces niveaux émerifs sont caractérisés par des Charophytes (*Hemiglobator*, *Porochara*, *Feistiella*, *Mesochara*) ainsi que par une faune monospécifique d'Ostracodes dulçaquicoles originaire des deltas boréaux et constituée par *Cypridea valdensis obliqua* du Wealden 4 d'Allemagne du Nord [Wolburg, 1959] et de l'Upper Purbeck anglais [assemblages d'Ostracodes 5 et 6 selon Anderson, 1985]. De plus, des Ostracodes de milieu saumâtre comme *Macrodentina (D.) mediostricta mediostricta* y sont également abondants.

La Cénozone continentale M5 est subdivisée par *Hemiglobator nurrensis* (Cénozone secondaire M5a

comprenant la majeure partie du Berriasien supérieur) et par *Hemiglobator steinhauseri*, dont l'apparition dans le Berriasien supérieur élevé permet de définir la Cénozone secondaire M5b.

Les corrélations détaillées entre la Formation de Vions du Jura et le domaine boréal sont uniquement basées sur les Ostracodes, alors que celles avec le domaine téthysien reposent sur l'utilisation des Charophytes du genre *Hemiglobator*. Toutefois, dans le Purbeckien anglais, seuls les Ostracodes lacustres du genre *Cypridea* permettent d'établir une corrélation avec la Formation de Vions, les formes marines d'importance biostratigraphique (genre *Valendocythere*) faisant défaut. Ainsi, *Cypridea valdensis obliqua* caractérise la partie supérieure du Middle Purbeck et surtout l'Upper Purbeck [Anderson et Bazley, 1971 ; Anderson, 1985].

Il n'en est pas de même dans le Wealden ("Wälderton") d'Allemagne du Nord, où *Cypridea valdensis obliqua* délimite la première moitié du Wealden 4 [Wolburg, 1959], alors que *Valendocythere emslandensis* caractérise les intercalations marines de la base du Wealden 4 [Bartenstein, 1959b]. Plus précisément, dans les populations de *Cypridea* de la Formation de Vions du Jura, certains individus "précurseurs" ressemblent beaucoup à *Cypridea* gr. *parallela* et d'autres très rares présentent une ébauche de tuberculation "annonçant" celle de *Cypridea jonesi*, ces deux taxons définis par Martin [1940] caractérisant la seconde moitié du Wealden 4 [Wolburg, 1959]. De plus, *V. emslandensis* apparaît dans le Jura vers la fin du Berriasien inférieur et correspond à la plus ancienne espèce de ce genre en Allemagne du Nord, le reste du Wealden étant uniquement constitué par des faciès lacustres. Ainsi, par rapport au Jura, *Valendocythere divisa* et *Valendocythere helvetica* ne sont pas représentés en Allemagne du Nord, où ils sont remplacés dans le Valendis (Valanginien) marin par des formes du groupe *pseudopropria* [Bartenstein et Brand in Bartenstein, 1959b ; in Niedziolka, 1988] : *Valendocythere pseudopropria saxonica* et *Valendocythere pseudopropria pseudopropria*.

Ces observations mettent en évidence l'origine téthysienne de la lignée phylogénétique des *Valendocythere* (cf. chap. 4, § 3) ainsi que son évolution divergente dans les domaines boréal et téthysien (spéciation allopatrique de populations isolées géographiquement), qui lui donne ainsi une valeur biostratigraphique essentiellement régionale principalement limitée au Jura et au Sud-Est de la France ("bassin" vocontien). À ce propos, *V. divisa* et *V. helvetica* ont été signalé dans le domaine téthysien à la partie supérieure des faciès "purbeckiens" de Sardaigne [Colin *et al.*, 1984] et de Basse-Provence [Marnes vertes infracrétacées ; Babinot *et al.*, 1971 ; Virgone, 1997]. Dans un premier temps, les faciès "purbeckiens" de Provence ont été placés dans le Berriasien par Donze [1958].

Toutefois, les Charophytes de la lignée des *Hemiglobator* permettent de préciser notablement cette attribution chronostratigraphique. Ainsi, *H. nurrensis* (M5a) et *H. steinhauseri* (M5b) caractérisent les faciès purbecko-wealdiens (carbonatés ou siliciclastiques) de la Formation de Vions du Jura, de la Sardaigne (M5a) et de la Basse-Provence [M5a et M5b ; *op. cit.*], ainsi que ceux de la Haute-Provence (M5b, Verdon, données inédites dans l'Annexe de ce volume), de l'Espagne [M5a et M5b ; Martin-Closas et Grambast-Fessard, 1986 ; Martin-Closas et Salas, 1988 ; Martin-Closas, 1989] et du Portugal [M5a : "Valanginien A" in Ramalho, 1971 ; M5b : *Globator trochiliscoides* var. des Couches "valanginiennes" à *Zergabriella embergeri* et *Choffatella pyrenaica* de Rey et Ramalho, 1974].

Par rapport à l'origine téthysienne des *Hemiglobator* et des *Valendocythere*, il est intéressant de relever l'affinité boréale de la faune d'Ostracodes lacustres de la Formation de Vions du Jura (*Cypridea valdensis obliqua*) et des faciès "purbeckiens" de Provence et de Sardaigne occidentale. Dans ce dernier cas toutefois, on observe une certaine mixité avec des espèces typiquement méridionales, les deltas boréaux se perdant dans les faciès marins hémipélagique du domaine vocontien et n'atteignant pas directement l'aire provençale.

D'une manière générale, l'inventaire micropaléontologique des faciès carbonatés "purbeckiens" provençaux (Maestrazgo inclus) et sardes [*op. cit.*] caractérise le Berriasien supérieur ainsi que le Valanginien inférieur (Cénozone continentale M6 ; Basse-Provence et Maestrazgo, ce travail) et traduit un milieu de dépôt margino-littoral à dominance lacustre par l'abondance des Charophytes et des Ostracodes d'eau douce, avec toutefois une faible influence marine d'après la présence de quelques Ostracodes marins isolés et probablement des épisodes saumâtres saisonniers caractérisés par des Ostracodes de milieu dessalé, hypo- à hypersalins :

CHAROPHYTES :

Clavatoracées :

Hemiglobator incrassatus.
Hemiglobator steinhauseri.
Hemiglobator nurrensis.
Perimneste micrandra.
Perimneste ancora.
Flabellochara harrisi.
Flabellochara grovesi.
Hemiclavator adnatus.
Nodosoclavator bradleyi.
Favargerella stellata.

Porocharacées :

Porochara maxima.
Porochara jaccardi.
Porochara maestratia.
Porochara fusca.
Feistiella bijuescensis.

Characées : *Mesochara* gr. *harrisi*.

OSTRACODES :

– milieu lacustre (eau douce) :

Cypridea tumescens meridionalis COLIN, 1984.

Cypridea dorsoinclinata COLIN, 1984.

Cypridea gr. *valdensis* (DE SOWERBY, 1836).

Cypridea gr. *parallela* MARTIN, 1940.

Cypridea propunctata SYLVESTER-BRADLEY, 1949.

Cypridea tuberculata adjuncta JONES, 1885.

Cypridea gr. *aculeata* JONES, 1885.

Theriosynoecum sardum COLIN, 1984.

Damonella buchaniana ANDERSON, 1966.

Darwinula leguminella.

Darwinula oblonga (ROEMER, 1839).

Scabriculocypris trapezoides.

Mantelliana wealdensis.

Timiriasevia sp.

– milieu saumâtre :

Lycocypris sabaudiae.

Macrodentina (*Dictyocythere*) *mediostricta mediostricta*.

Fabanella boloniensis.

La comparaison de certains taxons du genre *Cypridea* des faciès “purbeckiens” sardes et provençaux, déterminés et figurés dans Colin *et al.* [1984] et dans Colin et Oertli [1985], avec leurs homologues des faciès purbecko-wealdiens boréaux [Wolburg, 1959 ; Oertli, 1963 ; Wienholz, 1968 ; Anderson et Bazley, 1971 ; Anderson, 1985] et du Jura montre la nécessité d’une révision des attributions spécifiques.

Il ressort ainsi sur la base d’une morphologie et d’un aspect tout à fait comparables que *C. cf. vidrana* et *C. cf. protogranulosa* [in Colin *et al.*, 1984] correspondent probablement à *C. propunctata*. À cet égard, *C. vidrana* et *C. amisia* font effectivement partie du groupe *propunctata* d’après Anderson et Bazley [1971].

D’autre part, la forme *C. granulosa protogranulosa* [in Colin et Oertli, 1985] est très comparable à *Cypridea tuberculata adjuncta* [partie supérieure de l’Upper Purbeck – partie basale du Wealdien anglais, assemblages d’Ostracodes 7 et 8 d’après Anderson, 1985]. Enfin, *Cypridea* sp. [Berriasien du Rouvi, Verdon, Haute-Provence ; coll. P. Donze in Colin et Oertli, 1985] appartient très certainement au groupe *aculeata* (partie inférieure du Wealden anglais, assemblages d’Ostracodes 8 et 9 d’après Anderson, 1985] à carapaces caractérisées par le développement préférentiel d’une

épine sub-centrale sur chacune des valves de la carapace.

Avec ces précisions, la datation des faciès “purbeckiens” de Sardaigne occidentale et de Provence (Berriasien supérieur – Valanginien inférieur au lieu de Berriasien inférieur – moyen comme précédemment) s’accorde beaucoup mieux avec les nouvelles données biostratigraphiques établies dans les faciès purbecko-wealdiens du Jura et celles, classiques, concernant le Purbeckien anglais et le Wealden d’Allemagne du Nord.

De même, les taxons du genre *Cypridea* reconnus dans ce travail sont particulièrement intéressants, car ils permettent de préciser l’attribution stratigraphique des faciès “purbeckiens” de Sardaigne occidentale et de Provence. Ainsi, *C. gr. parallela* et *C. tuberculata adjuncta* [= *C. jonesi* d’après Anderson et Bazley, 1971] caractérisent la partie supérieure du Wealden 4 d’Allemagne du Nord [Wolburg, 1959], alors que *C. propunctata* est une forme typique de l’Upper Purbeck anglais [Anderson et Bazley, 1971 ; Anderson, 1985]. La grande ressemblance morphologique et la parenté probable des *Cypridea* du groupe *propunctata* [Anderson, 1962] avec ceux du groupe *valdensis-parallela* [Wolburg, 1959] relevée par Anderson [in Anderson et Bazley, 1971] rend difficile la distinction entre les taxons *valdensis obliqua*-gr. *parallela* et *propunctata*. Typiquement, les carapaces du groupe *valdensis-parallela* sont allongées-oblongues et plutôt étroites, alors que celles du gr. *propunctata* sont plus courtes et plus larges (hautes) avec un angle antéro-dorsal marqué. Dans ces deux groupes, la surface des valves des carapaces est plus ou moins fortement ponctuée. Les carapaces de *C. valdensis obliqua* sont cependant facilement reconnaissables grâce au développement préférentiel du rostre sur la valve gauche, qui est épaissi et déjeté de côté.

Dans le Purbeckien anglais, l’analyse des données présentées par Anderson [*op. cit.*] montre que *C. propunctata* englobe très probablement une partie des populations de *C. obliqua*, espèce nommée ainsi par Anderson [*op. cit.*] et correspondant au *C. valdensis obliqua* défini par Wolburg [1959]. En effet, leur étroite ressemblance [Anderson, 1985 : Pl. 5, fig. 8 = *C. propunctata*, fig. 15 = *C. obliqua*] et l’extension stratigraphique très élargie de *C. obliqua* par rapport à la forme *valdensis obliqua* de Wealden 4 d’Allemagne du Nord, traduisent bien une certaine confusion à propos de la définition et de l’identification de ces formes.

Chapitre 10

CONCLUSIONS

1.- INTERPRÉTATION GÉODYNAMIQUE DES DÉPÔTS ÉMERSIFS MÉSOZOÏQUES À L'ÉCHELLE MONDIALE : DISCUSSION SUR L'INFLUENCE POSTULÉE DES CYCLES DE MILANKOVITCH ET DE LA DÉRIVE DES CONTINENTS

1.1. Glacio-eustatisme et Cycles de Milankovitch [Milankovitch, 1941]

Les Cycles de Milankovitch à l'origine des importantes glaciations du Quaternaire et aussi probablement de celles du Précambrien résultent de variations périodiques affectant la rotation de la Terre (excentricité, obliquité, précession), des phénomènes d'ordre astronomique (cosmique) dont la cause précise reste encore inexpiquée.

Les cyclicités astronomiques de Milankovitch ainsi que l'enregistrement de ces cycles dans la sédimentation ont été présentés et discutés par Boisseau [1987]. Les observations de cet auteur démontrent clairement l'influence incontestable d'une cyclicité d'ordre astronomique dans la sédimentation marno-calcaire des milieux de dépôt profonds des séries berriaso-valanginiennes de bassins des domaines vocontien (SE de la France) et subbétique (NE de l'Espagne). Il n'en va toutefois pas de même en domaine de plate-forme où les séries sédimentaires émerives margino-littorales sont affectées par une tectonique synsédimentaire ainsi que par des érosions et des remaniements très importants susceptibles de perturber ou d'effacer l'enregistrement régulier d'une cyclicité sédimentaire d'ordre astronomique.

Selon Strasser [1988a], l'organisation séquentielle périodique des faciès purbeckiens du Jura (séquences de 3^e à 6^e ordre) correspondrait à des variations eustatiques de faible ampleur du niveau marin impliquant l'enregistrement sédimentaire d'alternances climatiques cycliques d'origine astronomique, comparables aux cycles glacio-eustatiques du Quaternaire. Or, ceci est en contradiction avec les analyses isotopiques effectuées par Barron [1983] qui semblent démontrer pour le Crétacé en particulier un climat terrestre uniformément chaud et donc homogène, excluant ainsi la formation de calottes glaciaires.

Cependant, des données plus récentes [Frakes et Francis, 1988] permettent toutefois d'envisager l'existence de calottes polaires réduites entre le Jurassique moyen et le Crétacé moyen, confirmant ainsi l'argumentation de Kemper [1983, 1987] sur la présence de périodes "froides" au Crétacé inférieur (Valanginien

et Aptien – Albien). En effet, des galets et surtout des blocs anguleux de quartzites précambriennes et de roches volcaniques ont été mis en évidence en Australie centrale dans des dépôts marins calcaréo-gréseux d'âge valanginien-albien. Certains blocs, parfois énormes, atteignant jusqu'à 3 m de diamètre ont indubitablement été transportés en milieu marin par des icebergs issus de glaciers recouvrant des paléoreliefs continentaux.

Pour le Jurassique – Crétacé, les paléotempératures estimées devaient osciller autour de 0°C dans les régions polaires, soit entre -18°C et +27°C contre -50°C à +10°C avec une moyenne à -20°C au Quaternaire, avec un paléoclimat contrasté à alternances saisonnières autorisant la formation de petites calottes glaciaires atteignant 65°-70° de latitude et contrastant fortement avec celles du Quaternaire s'étendant jusqu'à 35° de latitude.

De plus, ces calottes glaciaires du Jurassique-Crétacé générées pendant des périodes dites "hivernales" ne fondaient pas totalement durant les saisons chaudes, puisque l'existence de glaciers permanents est établie. Ainsi, vu les conditions climatiques particulières du Jurassique – Crétacé, une véritable banquise n'a donc vraisemblablement pas pu se former, des calottes glaciaires permanentes (glaciers et névés) étant seules présentes sur les reliefs montagneux des aires continentales polaires très restreintes de cette époque. Par conséquent, le volume d'eau libéré par la fusion partielle "estivale" des glaces dans les zones polaires du Jurassique – Crétacé ne peut en aucun cas être envisagé comme suffisant pour induire des variations eustatiques notables, dont l'enregistrement devrait logiquement être annuel et non à l'échelle de séquences de dizaines ou de centaines de milliers d'années.

Bien qu'assez hypothétiques et contradictoires, toutes ces données permettent de minimiser considérablement l'influence du glacio-eustatisme au Jurassique – Crétacé, où les conditions climatiques n'étaient absolument pas comparables à celles du Quaternaire parce que dépendant de paléotempératures relativement élevées et constantes. Enfin, des périodes de refroidissement temporaire postulées au Valanginien ou à l'Aptien-Albien éventuellement favorables au glacio-eustatisme n'ont en aucun cas pu être décelées en ce qui concerne le Berriasien.

D'après la tectonique synsédimentaire affectant la plate-forme jurassienne et sa marge téthysienne (chap. 8), les séquences à bathymétrie décroissante se rapporteraient en fait plutôt à des paracycles

d'inondation correspondant ainsi à des séquences de comblement de 4^e ordre [Détraz et Mojon, 1989]. À ce propos, il faut relever que les faciès purbeckiens du Salève choisis comme exemple par Strasser [1988a, 1988b] pour démontrer l'existence de cycles astronomiques (cyclostratigraphie) et le rôle exclusif de l'eustatisme dans la genèse des séquences de dépôt du Purbeckien sont proches de l'aire tectoniquement active (à forte subsidence) du Jura méridional marquée par la faille du Vuache.

Comme fait significatif et décisif en faveur de cette interprétation, ce travail a permis de recenser le même nombre d'horizons émergifs marneux plus ou moins bien développés dans toutes les coupes du Purbeckien étudiées entre le Jura central et méridional. Ces niveaux d'émersion du Purbeckien correspondant aux Cénozones continentales M1b et M2 présentent dans leur quasi-totalité un mélange mixte d'organismes laguno-lacustres et marins n'ayant de toute évidence pas vécu ensemble dans les mêmes milieux de dépôt et recouvrent des surfaces bréchifiées à accumulations de galets et cailloux noirs ou multicolores (brèches conglomératiques). Selon toute vraisemblance, ces niveaux d'émersion des séquences dites "régressives" du Purbeckien du Jura correspondent à des tempestites remarquables générées par des événements récurrents de haute énergie (cyclones, ouragans tropicaux) isochrones sur tout l'estran de la plate-forme jurassienne, dont ils ont creusé et remanié les sédiments superficiels en installant des milieux laguno-lacustres temporaires. Un tel mode de sédimentation implique un granoclassement des éléments sédimentaires grossiers suivi d'une décantation des argiles permettant d'expliquer de cette façon la genèse et l'origine des brèches conglomératiques du Purbeckien du Jura résultant de l'abrasion érosive et du remaniement d'un substratum déjà partiellement consolidé et induré, qui supportent très souvent des horizons marneux importants. De même, la genèse des niveaux à cailloux noirs s'explique par le démantèlement et le remaniement de paléosols indurés et imprégnés par de la matière organique au cours de cyclones ou de phases de transgression marine (intervalles transgressifs : IT) induites par la subsidence du substratum.

D'après ces considérations, la cyclicité des dépôts sédimentaires du Purbeckien du Jura est donc principalement attribuable à une cause aléatoire d'ordre météorologique qui n'est pas de nature astronomique à périodicité régulière permettant d'établir une chronologie précise.

1.2. Dérive des continents [Wegener, 1915]

Par rapport aux Cycles de Milankovitch, d'autres mécanismes tels que la pollution atmosphérique (volcanisme ou exemple récent des activités industrielles humaines engendrant un effet de serre, bien connu au Crétacé, par augmentation de la teneur en CO₂) et

surtout la dérive des continents, qui changent progressivement de position au cours du temps, sont aussi susceptibles d'induire d'importantes modifications climatiques influençant la sédimentation. Ainsi, les glaciations de l'Ordovicien et du Carbonifère résultent de la position polaire des terres glaciées à ces époques [Lemoigne, 1986].

La théorie de la dérive des continents énoncée dès 1915 par le météorologue A. Wegener se rapporte à la tectonique des plaques, qui constituent la pellicule superficielle du globe et se déplacent grâce aux courants de convection du manteau supérieur semi-liquide de l'écorce terrestre à la façon de radeaux flottants continentaux séparés par une croûte basaltique à accrétion régulière de part et d'autre de dorsales océaniques à forte activité volcanique. Il s'agit là d'un phénomène de nature cyclique aboutissant à terme à la formation d'un super-continent à socle granitique (Pangée) et d'un océan géant à substratum basaltique et ophiolitique couvrant 75% de la surface de la Terre. Comme moteur de ce phénomène, nous pensons que le regroupement périodique sur l'une des faces de la Terre d'une masse granitique plus légère que les basaltes et les ophiolites (roches vertes) est susceptible de créer un déséquilibre responsable d'une nouvelle fragmentation de la Pangée et donc d'une nouvelle étape de la dérive des continents.

D'après les cicatrices orogéniques répertoriées sur les anciens cratons continentaux, un tel processus se serait produit au moins à 7 reprises [Cycles de Wilson ; Caron *et al.*, 1992] au cours des temps géologiques, principalement au Précambrien, et n'est bien connu que par ses aspects les plus récents qui se rapportent entre le Paléozoïque et le Mésozoïque aux orogénèses calédoniennes, hercyniennes et alpines ainsi qu'à l'éclatement dès le Permo-Trias de la dernière Pangée constituée.

Les effets d'une tectonique synsédimentaire sur la sédimentation du Crétacé inférieur de la plate-forme jurassienne laissent supposer que la subsidence du substratum permettant l'accrétion sédimentaire est induite par le processus progressif d'ouverture et d'élargissement de la mer téthysienne (Mésogée) vers l'ouest, dont les étapes successives correspondent aux intervalles transgressifs (IT) liés à l'approfondissement momentané des milieux de dépôt. Paradoxalement, les phases d'intensité maximale d'extension des fonds océaniques de la Mésogée entraînent aussi avec un certain décalage ou retard une baisse relative du niveau marin avec la formation simultanée d'horizons émergifs sur la plate-forme jurassienne. Ceci permet d'expliquer la position de ces niveaux d'émersion préférentiellement localisée dans la partie supérieure des intervalles transgressifs ainsi que les faibles oscillations du niveau marin détectées grâce à la Palynologie [Médus et Mojon, 1990].

Une telle interprétation permet de dégager globalement deux lois fondamentales explicitant la formation des niveaux émergifs sur la plate-forme

jurassienne entre le Jurassique moyen et le Crétacé inférieur :

1) Quand la subsidence du substratum à l'origine des intervalles transgressifs est compensée et dépassée par l'accrétion sédimentaire ainsi que par l'abaissement général du niveau marin à la suite d'une phase d'ouverture vers l'ouest de la Téthys occidentale au Bathonien inférieur-moyen, à l'Oxfordien moyen-supérieur, au Kimméridgien inférieur-supérieur, au Berriasien inférieur-moyen, au Valanginien inférieur, au Barrémien inférieur et au Barrémien supérieur – Bédoulien.

2) Lorsque le niveau marin s'est stabilisé et que la subsidence du substratum est compensée par une forte accrétion sédimentaire induisant la progradation des deltas fluviaux boréaux (dépôts siliciclastiques de type wealdien), comme par exemple dans le cas des PHN du Berriasien supérieur.

Dans tous les cas, les émergences des séquences de comblement [paracycles de 4^e ordre au sens de Vail *et al.*, 1991] au sein des séries de plate-forme sont modulées par le subtil jeu d'équilibre entre trois paramètres fondamentaux : les taux de subsidence et de sédimentation ainsi que les variations du niveau marin. Partout, les dépôts sédimentaires et leur empilement régulier de strates caractérisées par des fossiles d'époques successives bien définies démontrent qu'il y a toujours une certaine subsidence du substratum pour permettre aux sédiments de s'accumuler et que le taux de subsidence n'est donc jamais tout à fait nul. L'existence postulée de régions stables pendant de longues périodes géologiques [plate-forme russe ; Sahagian *et al.*, 1996] semble donc illusoire pour cette raison.

1.3. Récapitulation géodynamique à l'échelle mondiale (fig. 91)

Les importantes émergences affectant les plates-formes carbonatées des domaines téthysien et atlantique au Jurassique – Crétacé sont liées à la dislocation de l'énorme masse continentale de la Pangée au début du Mésozoïque [fig. 90 ; Dietz et Holden, 1970], soit à l'individualisation de continents ou cratons différenciés ainsi qu'à la genèse des premières chaînes de montagnes du cycle alpin [Andes, Montagnes Rocheuses ; Aubouin *et al.*, 1980 ; Aubouin, 1985a, 1985b].

Au Trias (-225 à -200 M.a.), l'océan téthysien progresse rapidement vers l'ouest par l'ouverture de la mer alpine ou Mésogée. Au Trias supérieur et au Jurassique inférieur, l'Amérique du Sud, l'Afrique, Madagascar et l'Inde commencent à se différencier à partir du continent de Gondwana en générant par l'écartement des plaques continentales de nouvelles rides ou bassins océaniques. Cette première phase distensive dite "cimmérienne" est caractérisée par l'extension des faciès continentaux du Trias ainsi que par d'importantes coulées basaltiques issues du

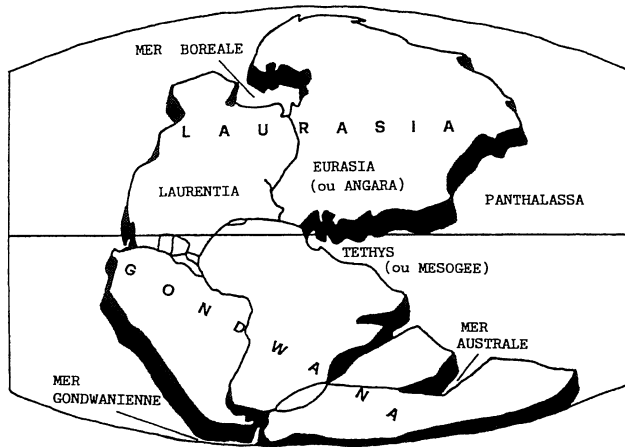
déplacement progressif des aires continentales au-dessus du foyer volcanique permanent de Tristan da Cunha ou principal "point chaud" de l'Atlantique Sud [Harrington, 1962 ; Furon, 1968, 1985a, 1985b]. Ces épanchements basaltiques recouvrent la série continentale gondwanienne du Karoo et atteignent des épaisseurs considérables sur de vastes surfaces en Afrique australe (formation volcanique du Drakensberg épaisse de plus de 1000 m), en Inde (plus de 700 m de coulées basaltiques) et surtout en Amérique du Sud dans la fosse du Paraná entre le Brésil, l'Argentine et l'Uruguay, où se sont formées les plus importantes coulées de l'histoire géologique du globe terrestre (épaisseur moyenne de 600 m sur une superficie de 900.000 km²) bien connues pour leurs minéralisations drusiques enrichies en agate et en améthyste.

Au Jurassique moyen (vers -180 M.a.), la Téthys progresse à nouveau vers l'ouest grâce à l'ouverture de l'Atlantique central, dans une période de distension de la Mésogée avec formation d'ophiolites et de radiolarites. Il s'agit là du second événement important marquant la fracturation de la Pangée, dont la phase culminante est indiquée par la mise en place des dépôts émergifs du Bathonien (vers -160 M.a.) présents de l'Amérique du Nord à Madagascar [Mojon, 1989b ; Médus et Mojon, 1996].

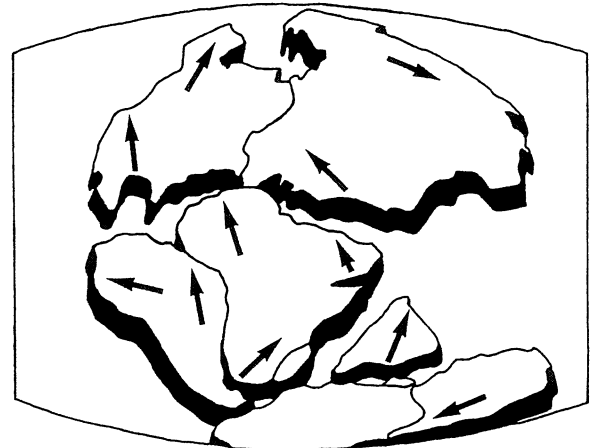
Au Jurassique supérieur (Oxfordien–Kimméridgien, vers -140 M.a.), la partie centrale de l'Atlantique s'agrandit vers le nord en induisant ainsi un début d'ouverture de l'Atlantique Nord. De cette époque date également la phase compressive névadienne ou andine du premier plissement des cordillères américaines (Andes et Montagnes Rocheuses) ainsi que des dépôts émergifs de vaste extension constituant souvent de remarquables gisements à Dinosaures [Buffetaut, 1994 ; Lucas, 1997 ; Currie et Padian, 1997] en Amérique du Nord [Formation Morrison ; Kowallis *et al.*, 1991], en Afrique orientale [Série de Tendaguru ; Mateer *et al.*, 1992 ; Schudack, 1999] et en Amérique du Sud [Bonaparte, 1979, 1981].

Dès la limite Jurassique/Crétacé et au Crétacé inférieur (-130 à -110 M.a.), la phase distensive néo-cimmérienne marque l'ouverture de l'Atlantique Sud avec la constitution en Europe occidentale d'épais dépôts émergifs (faciès carbonatés évaporitiques à laguno-lacustres portlandiens et purbeckiens, faciès deltaïques et siliciclastiques wealdiens, fig. 90), célèbres pour leurs assemblages diversifiés et très complets de Micromammifères fossiles [Lillegraven *et al.*, 1979].

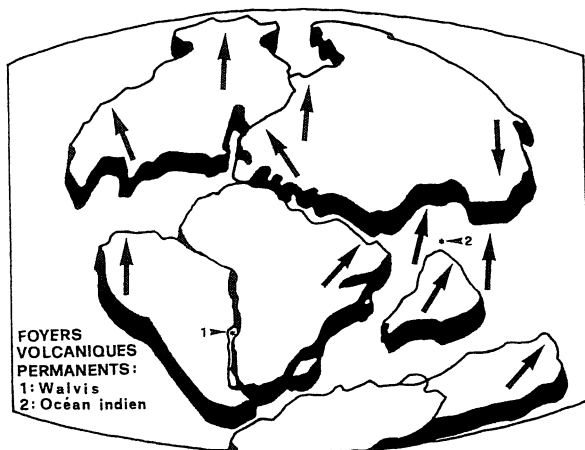
Au Barrémo-Bédoulien, la régression marine atteint une amplitude maximale sur les plates-formes des domaines téthysien et atlantique [émergences généralisées entre -117,5 et -112 M.a. ; Haq *et al.*, 1987, 1988], avec la pleine ouverture de l'Atlantique Sud et la très large extension des faciès deltaïques de type wealdien. Plus tardivement, d'importants niveaux émergifs peuvent encore se développer localement en Amérique du Nord, en Afrique du Nord ainsi qu'en



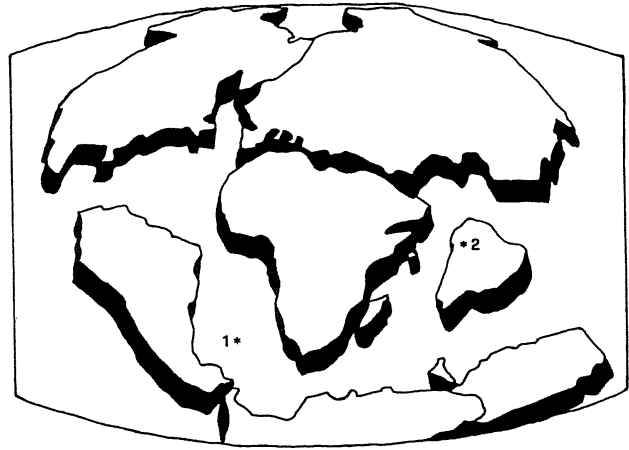
Le monde à la fin du Paléozoïque (vers -225 m.a.).
Les terres émergées forment un vaste continent: La Pangée.



Le monde à la fin du Trias (vers -200 m.a.).
Les flèches indiquent les directions des
poussées et des déplacements.



Le monde à la fin du Jurassique (vers -140 m.a.).



Le monde à la fin du Crétacé (vers - 65 m.a.).

FIG. 90.- Schémas de l'évolution paléogéographique de la surface de la Terre au cours du Mésozoïque par dislocation progressive de la Pangée, selon le processus de la dérive des continents énoncé dès 1915 par A. Wegener. D'après Dietz et Holden [1970].

Europe méridionale à l'Aptien supérieur et au Cénomani (complexe paulétien du S.-E. de la France) et sont attribuables à des épisodes tardifs de la phase néo-cimmérienne ainsi qu'à la phase distensive autrichienne suivante placée à la limite Crétacé inférieur/supérieur. Cette dernière phase comprend le dépôt de flyschs ainsi que le développement d'un important métamorphisme, qui correspondent à l'élargissement de profonds sillons océaniques parallèlement à l'établissement de vastes émergences sur la marge nord-téthysienne. À la fin du Crétacé inférieur débute également au niveau du Gabon et du Brésil la séparation entre l'Afrique et l'Amérique du Sud, les milieux laguno-lacustres de l'Aptien du Nordeste brésilien caractérisés par une faune de Vertébrés remarquablement bien conservés [Formation Santana de l'Araripe ; Maisy *et al.*, 1991] faisant place à l'Albien à du volcanisme et à des dépôts marins. En Australie,

d'importants dépôts émersifs d'âge crétacé inférieur ont aussi été reconnus [Dettmann *et al.*, 1992] sans pouvoir toutefois être mis ici en rapport avec les phases tectoniques évoquées précédemment qui affectent le reste de la Pangée.

Au Crétacé supérieur terminal (vers -65 M.a.), des bouleversements semblables à ceux de la limite Jurassique/Crétacé caractérisent une dernière phase de dislocation du continent de Gondwana en complétant l'ouverture de l'Atlantique Nord (jusque vers -35 M.a.) et en activant la surrection des premiers plissements alpins importants [Aubouin *et al.*, 1980]. Cette période correspond à la formation d'importants dépôts continentaux à Dinosauriens et Micromammifères [*op. cit.* pour Jurassique-Crétacé inf.] sur les marges de l'Amérique du Nord et de l'Europe méridionale [isthme durancien ; Le Loeuff *et al.*, 1991 ; Buffetaut et Le Loeuff, 1991], à la phase orogénique laramienne du

cycle alpin (2^e phase compressive ou phase principale du plissement des Andes et des Montagnes Rocheuses) ainsi qu'à l'épanchement des énormes coulées basaltiques ou "trapps" du Deccan en Inde [200 m d'épaisseur et extension sur 500.000 km²; Acharyya et Lahiri, 1991; Sahni et Bajpai, 1991] au moment du passage du sous-continent indien sur le foyer volcanique permanent ou "point chaud" de la Réunion (océan indien).

En considérant les phases d'émersion successives affectant simultanément les plates-formes des domaines téthysien et atlantique dès le Jurassique moyen, comment ne pas être surpris par les bouleversements géologiques contemporains dans d'autres régions éloignées du globe terrestre ? Ceci ne semble pas relever du hasard si l'on conçoit que le déplacement des plaques tectoniques a généré à l'échelle planétaire d'importantes modifications dans le volume des bassins océaniques et la répartition des aires continentales. Ce phénomène de dérive des continents s'est déroulé progressivement, par étapes successives qui correspondent chacune à un ensemble de niveaux d'émersion sur les plates-formes des domaines téthysien et atlantique. L'écartement des plaques continentales a ainsi induit par effondrement un élargissement et un approfondissement de nouveaux fossés ou bassins sédimentaires océaniques (sillons subsidants ou *rifts*), avec pour conséquences d'importantes "baisses eustatiques" apparentes du niveau marin sur les plates-formes carbonatées des mers épicontinentales ainsi qu'un volcanisme sous-marin parfois très accentué. Un bon exemple récent d'un tel phénomène de fracturation est représenté par la Rift Valley d'Afrique orientale, qui s'est formée dès l'Oligocène supérieur et s'est prolongée par l'ouverture de la Mer Rouge au Miocène-Pliocène.

D'après ce qui précède, les régressions et transgressions marines observables sur les plates-formes correspondent à l'enregistrement des phases d'écartement latéral plus ou moins rapide (phases de distension) des plaques tectoniques, dont les mouvements verticaux modulent en outre parallèlement la subsidence des fonds océaniques et des aires continentales. Par compensation, les déplacements latéraux des plaques tectoniques induisent simultanément sur des marges géographiquement opposées aux précédentes les orogénèses des chaînes de montagnes issues de zones de compression et de subduction. Par rapport à l'écartement de la Rift Valley, on peut ainsi citer les exemples à peu près contemporains de collision de plaques entre l'Afrique et l'Europe avec la formation des Alpes (Eocène-Oligocène) et entre l'Inde et l'Asie ayant généré l'Himalaya (Miocène).

Chaque reprise de la subsidence sur les marges continentales est caractérisée par le dépôt de séquences de comblement à bathymétrie décroissante dites aussi *shallowing-upward*, alors que la subsidence affectant en même temps les aires cratoniques est compensée par d'épais dépôts continentaux deltaïques constituant

souvent de remarquables gisements de Dinosaures [op. cit.] localisés dans la partie supérieure du Crétacé inférieur (intervalle Barrémien-Aptien) et supérieur (intervalle Campanien-Maastrichtien) en Europe [op. cit.], en Amérique du Nord [op. cit.], en Asie [Mongolie; Taquet, 1992] et en Afrique [Niger; Taquet, 1976; Moody et Sutcliffe, 1991].

Au point de vue biostratigraphique, les événements géologiques majeurs répertoriés sur les plates-formes des domaines téthysien et atlantique entre le Malm et la fin du Crétacé correspondent chaque fois à une diversification et à un renouvellement spectaculaires de la flore de Charophytes fossiles, essentiellement caractérisée par les Clavatoracées. Dans le cadre de la marge nord-téthysienne, il est frappant de constater une étroite correspondance entre les subdivisions de la biozonation des Charophytes du Crétacé inférieur basées sur ces étapes évolutives biologiques et le découpage séquentiel établi pour cette période. La stratigraphie séquentielle et la biostratigraphie des Charophytes du Jurassique-Crétacé se rattachent en fait à l'étude d'enregistrements sédimentaires successifs dictés par la tectonique des plaques de l'écorce terrestre. Toutefois, ce phénomène géodynamique se manifeste de façon bien différente selon les continents. Ainsi en Asie, l'évolution des séries sédimentaires est beaucoup plus monotone et souvent uniquement continentale comme dans les bassins d'accumulation de l'Extrême-Orient en Mongolie ou en Chine [Jerzykiewicz et Russell, 1991; Mateer et Chen, 1992; Chen et Chang, 1994], où seules certaines Charophytes d'extension chronostratigraphique bien définie et mondialement répandues (genres *Aclistochara*, *Atopochara*, *Triclypella*) permettent d'établir des datations et des corrélations relativement précises dans des dépôts atteignant plusieurs milliers de mètres d'épaisseur.

En raison d'un glacio-eustatisme très restreint et des effets contrastés de la dérive des continents au Jurassique-Crétacé, la réalité de variations eustatiques demeure incertaine et il s'avère illusoire de vouloir y établir une charte de ces variations dites "globales" du niveau marin ("*global events*") à l'échelle planétaire. La courbe "eustatique" de Haq *et al.* [1987, 1988] correspond en fait à une courbe des variations relatives du niveau marin qui n'est valable que pour les marges téthysiennes et atlantiques [Delfaud, 1986] dans une aire d'étude privilégiée et très particulière résultant d'une histoire géologique complexe dont l'influence est déterminante sur l'évolution des faunes et des flores du Mésozoïque.

De telles considérations suggèrent l'établissement plus approprié de plusieurs chartes des variations relatives du niveau marin selon l'évolution géotectonique particulière de chaque continent, ainsi qu'une corrélation générale entre ces différentes échelles de façon à pouvoir ainsi utiliser rationnellement une telle méthode d'analyse en stratigraphie [Sahagian *et al.*, 1996].

2.- L'APPARITION DE *HEMIGLOBATOR NEOCOMIENSIS* (CLAVATORACÉES, CHAROPHYTES) AU PASSAGE BERRIASIEN INFÉRIEUR-MOYEN : RÉFLEXIONS SUR UNE MUTATION ÉVOLUTIVE REMARQUABLE ET SUR LA THÉORIE NÉO-DARWINISTE OU SYNTHÉTIQUE DE L'ÉVOLUTION PAR RAPPORT AU CRÉATIONNISME

Le passage entre les Cénozones continentales M3/M4 de la coupe de Lavans-les-St-Claude (Jura français central) est caractérisé par l'apparition de *Hemiglobator neocomiensis* dans un sédiment fin de couleur sombre (brun foncé), riche en matière organique, carbonaté et marneux à composante argileuse dominante. Il s'agit là d'un horizon peu épais (10 cm) de gyttja lacustre recelant des microfossiles typiquement dulçaquicoles. L'absence de toute trace de détritisme grossier indique des conditions de sédimentation très calmes dans un lac important situé sur une plaine d'estran et totalement isolé de la mer voisine.

Concernant l'accrétion sédimentaire de ce type de dépôt, l'exemple des lacs suisses actuels alimentés en majorité par les importants reliefs des Alpes se rapporte à un taux de sédimentation annuel moyen estimé à 4 mm par an [Sturm, 1985]. Pour le lac de Neuchâtel placé au pied du relief jurassien nettement moins accentué, le taux de sédimentation diminue et oscille autour de 2 mm par an [Bapst, 1987]. En comparaison, le lac finipurbeckien de la région de St-Claude dans la partie centrale du Jura s'est constitué sur une vaste plaine d'estran dépourvue de tout relief majeur, très en retrait de la Mésogée, avec des apports sédimentaires détritiques très fins uniquement continentaux et donc de relativement faible volume. Par conséquent, le taux de sédimentation de ce lac devait se trouver encore plus réduit et peut être estimé à environ 1 mm par an.

En considérant maintenant la compaction du sédiment après diagénèse, celle-ci peut être évaluée à 60-70% par référence aux sédiments fins des dépôts marins hémipélagiques présentant également un faible taux de sédimentation [Scholle *et al.*, 1983] ainsi qu'à la pression de la couverture sédimentaire crétacée et tertiaire sus-jacente atteignant environ 350 m d'épaisseur avant le début du plissement jurassien [Aubert, 1975]. En outre, comme la plus grande partie du gyttja lacustre de la coupe de Lavans-les-St-Claude (certainement les 2/3 du total) a sans doute été érodée et remaniée par les dépôts transgressifs de l'Unité Inférieure Oolithique, le niveau préservé enregistrant le brusque passage de *Hemiglobator maillardi* (Cénozone M3) aux premières formes typiques de *H. neocomiensis* (Cénozone M4) devaient constituer à l'origine environ 1 m de dépôt non compacté et imbibé d'eau représentant une période de sédimentation continue d'à peu près 1000 ans. Cet intervalle de temps est dérisoire par rapport à l'âge des couches du Purbeckien estimé à environ 130 millions d'années ! Ceci confirme la brièveté du dépôt des horizons marno-ligniteux du Berriasien du Jura postulée par Médus et Mojon [1991].

Ce laps de temps estimé à 1000 ans englobe dans cette coupe de Lavans-les-St-Claude non seulement une grande partie de la durée de vie de *H. maillardi* (extension chronostratigraphique d'une espèce délimitant une biozone ou "total range zone"), mais aussi la mutation subite de ce taxon donnant naissance à *H. neocomiensis*. Cette transformation instantanée à l'échelle du temps géologique se traduit d'une manière spectaculaire au niveau morphologique et indique probablement une réorganisation physiologique de la nouvelle espèce pour permettre son adaptation et sa survie face aux nouvelles conditions paléoécologiques induites par le début de la grande transgression marine du Berriasien moyen.

Ces données expliquent pourquoi les taxons *H. maillardi* et *H. neocomiensis* n'ont été reconnus jusqu'à présent que dans le Jura central franco-suisse grâce aux conditions de conservation exceptionnelles des dépôts laguno-lacustres de la limite Berriasien inférieur/moyen. Ces dépôts couvrent un intervalle de temps très court de l'ordre d'une sous-zone d'Ammonites [sous-zone à *Subalpina* ; Détraz et Mojon, 1989], soit de quelques centaines de milliers d'années seulement. Le degré de précision des observations effectuées dans le Jura franco-suisse est remarquable et mérite d'être souligné, car il permet de démontrer que l'ensemble des dépôts sédimentaires des coupes étudiées entre les faciès purbeckiens et wealdiens (Berriasien) du Jura (environ 100 m couvrant à peu près 6 millions d'années entre -134 et -128 M.a., répartis sur 3 zones et 7 sous-zones d'Ammonites, soit environ en moyenne 0,015 mm de dépôt par an !) se sont déposés de façon discontinue par paquets successifs et ne représentent qu'une infime partie du temps réel écoulé en laissant subsister d'énormes lacunes. Ainsi, les strates sédimentaires font certes penser à un empilement régulier de dossiers, à une sorte de grand livre, où à l'échelle régionale des coupes étudiées il manque cependant des chapitres entiers. Pour corriger cette vision trompeuse, les études complémentaires à l'échelle continentale ayant fait l'objet du présent travail se sont avérées absolument nécessaires.

L'apparition de *H. neocomiensis* résulte certes d'un processus évolutif indubitable si l'on considère la lignée phylogénétique des *Hemiglobator-Globator*, mais la matérialisation inopinée de cette mutation par invention et innovation de nouveaux caractères morphologiques fait également aussi songer à un phénomène de création. Plus globalement, on pourrait ainsi être amené à généraliser ce concept en suggérant que les nouvelles espèces sont créées à partir d'un stock de caractères ancestraux et apparaissent spontanément d'un seul coup selon les sollicitations de l'environnement.

Depuis l'ouvrage précurseur de Cuvier [1850] sur les transformations du globe terrestre relevant d'un créationnisme romantique un peu naïf (catastrophisme*, fixisme), de grands progrès ont été réalisés dans la compréhension de l'origine et de la diversification de la Vie vers une complexité croissante grâce à la théorie

darwiniste de l'Évolution [Darwin, 1859] expliquant la spéciation (création de nouvelles espèces ou taxons) des êtres vivants par l'action de la sélection naturelle et de l'hérédité des caractères acquis. Parallèlement, une autre théorie transformiste aujourd'hui tombée en désuétude, le lamarckisme (d'après J.B. Lamarck, 1744-1829), a soutenu au contraire l'influence primordiale de l'hérédité des caractères acquis en minimisant le rôle de la sélection naturelle.

La théorie plus récente dite "néo-darwiniste" ou théorie synthétique de l'Évolution [Mayr, 1942, 1963, 1970 ; Stebbins, 1950 ; Simpson, 1961 ; Dobzhansky, 1970 ; Grant, 1971 ; Wiley, 1978] intègre les données de la génétique (lois de G. Mendel publiées en 1866) en considérant les mutations modifiant l'ADN du noyau cellulaire (chromosomes dont la structure précise n'a été établie qu'en 1953 par Watson, Crick et Wilkins) comme source de la variabilité héréditaire (caractères génotypiques), tout en nuancant toutefois cette constatation fondamentale par le fait capital démontré expérimentalement que ces mutations ne sont pas obligatoirement héréditaires (caractères phénotypiques) ni incorporées définitivement au génôme (recherches sur les mouches drosophiles par l'école de T.H. Morgan, 1866-1945, auteur de la théorie chromosomique de l'hérédité).

D'après la théorie néo-darwiniste, la phylogénie et la variabilité des êtres vivants relèvent uniquement d'un gradualisme phylétique. Mais en réalité, on observe deux processus possibles [Huxley, 1958 ; Tintant, 1972], qui sont particulièrement bien exprimés dans la lignée phylogénétique des *Hemiglobator-Globator* (Clavatorvacées, Charophytes ; cf. chap. 4, § 2.1. et 3 ; chap. 10, § 3) :

1) L'anagenèse ou évolution génétique lente (dérive génétique) par transformation progressive d'une espèce au cours du temps, dont résultent les variations phylétiques continues ("transiants" ou "chrono-espèces" ou encore "sous-espèces hétérochrones") étudiées par les biométriciens. Cette évolution lente rend difficile le choix d'espèces clairement définies.

2) La cladogenèse ou révolution génétique rapide impliquant la différenciation nette d'espèces divergentes à partir d'une espèce ancestrale commune, qui représente ainsi l'exemple des variations discontinues liées à l'hérédité mendélienne. C'est cette évolution par "sauts" successifs (saltation) qui fait progresser de la manière la plus significative le processus de transformation et de diversification des êtres vivants.

Complétant le gradualisme phylétique, le modèle le plus récent dit des "équilibres ponctuels" [Eldredge, 1971 ; Eldredge et Gould, 1972 ; Gould et Eldredge, 1977] attribue un rôle novateur à l'apparition et à la migration (instantanées à l'échelle du temps géologique) d'isolats géographiques particuliers (populations constituées chacune d'une espèce isolée géographiquement) générant ainsi une spéciation dite de type "allopatrique", l'Évolution procédant ainsi par change-

ments rapides ("sauts" évolutifs) puis périodes de stabilité plus ou moins longues. Une synthèse générale de tous ces différents mécanismes de l'Évolution est exposée dans Wiley [1981].

Conformément à ces données complémentaires de la théorie néo-darwiniste de l'Évolution, le cas de l'*Hemiglobator neocomiensis* du Jura se présente *in situ* comme une étonnante métamorphose des caractères morphologiques (gigantisme, spiralisations), une mutation soudaine non explicable dans l'état des connaissances actuelles. À cet égard, l'apparition de nouvelles espèces génétiquement stables (individus interféconds aptes à se reproduire) correspond incontestablement à un phénomène parfaitement organisé et coordonné bien qu'encore mystérieux, dont le processus n'a pu jusqu'à présent être réalisé et analysé expérimentalement ni expliqué rationnellement. Conformément à ce constat, la sélection naturelle semble bien plus subtile et équilibrée que les méthodes empiristes de sélection de races domestiques par l'Homme, toujours sujettes à des problèmes de viabilité à plus ou moins court terme.

Ces faits objectifs nous amènent donc à reconsidérer les mécanismes de l'Évolution et l'essence même de la Vie par rapport au créationnisme défendu par le fondamentalisme religieux [Int. Bible Students Ass., 1985], ce qui permet dans une importante mesure de réconcilier la démarche scientifique des hommes avec leur croyance fondamentale en Dieu en se rapprochant par là de la vision scientifico-théologique et finaliste de l'Évolution évoquée par le Père jésuite P. Teilhard de Chardin [1881-1955].

En ce sens, la notion de créationnisme peut être exprimée ici mais avec une signification différente se rapportant à une dynamique d'innovation par "sauts" évolutifs successifs (macromutations), apparemment aléatoires, mais dont la continuité au cours des temps géologiques démontre bien une évolution vers une complexité croissante des êtres vivants, un tel concept dépassant ainsi largement sa version originelle intégriste et "aveugle" niant unilatéralement la réalité des phénomènes évolutifs.

En songeant aux extraordinaires capacités d'auto-arrangement des éléments chimiques de la classification de D.I. Mendeleïev [1869] pour former des cristaux ou des molécules minérales, comment ne pas évoquer les propriétés comparables des molécules biologiques pour donner naissance à la Vie ? Et mieux encore, pour permettre à celle-ci d'évoluer dans un cadre dynamique en s'adaptant par une sorte de déterminisme génétique à des environnements instables, grâce aux potentialités étonnantes de recombinaison spontanée des acides nucléiques formant les gènes, à répondre aux changements climatiques et géologiques de la Biosphère. À ce propos, citons les remarquables propriétés de résonance liées à la disposition hélicoïdale des molécules de la Vie (acides nucléiques et aminés) et de certains minéraux tels que le Quartz (SiO_2), qui permettent de supposer que les gènes

s'activent probablement entre eux grâce à des interactions autonomes "en réseau".

À partir de ces réflexions, on peut dès lors penser que la matière manifeste par ses remarquables "propriétés émergentes" une forme d'"intelligence" dans sa capacité de s'organiser et de se transformer comme l'a déjà si admirablement démontré Maeterlinck [1901-1930]. L'intelligence humaine ne constitue-t-elle donc pas la plus haute expression de ce processus ? Tout ceci ne résulterait-il pas de la manifestation de quelque pouvoir extraordinaire, d'une force créatrice et organisatrice pressentie de tout temps par l'humanité ? L'évocation de ces suppositions troublantes nous aide à réaliser que notre planète Terre elle-même formée de tant d'éléments dynamiques constitue aussi certainement un "être vivant" à part entière [Lovelock, 1990].

À ce stade ultime du raisonnement philosophique, notre démarche purement scientifique et matérialiste ne peut apporter de réponse définitive et totalement satisfaisante au sens cartésien, mais elle nous éclaire néanmoins de façon décisive sur des questions fondamentales que se pose depuis toujours l'esprit humain en lui ouvrant ainsi de nouveaux horizons pour les résoudre.

C'est là, finalement, l'aboutissement de nos recherches et notre plus grande satisfaction.

3.- CONCLUSIONS GÉNÉRALES

En premier lieu, ce travail concerne la caractérisation des dépôts émergifs margino-littoraux de l'intervalle Jurassique moyen – Crétacé inférieur de la marge téthysienne nord-occidentale à l'aide de la sédimentologie, de la micropaléontologie et de la paléoécologie (chap. 2 et 3).

D'autre part, la datation et la corrélation de ces dépôts a pu être réalisée grâce à une nouvelle échelle biostratigraphique de référence dite "continentale" basée essentiellement sur les Charophytes, les Ostracodes et certains Foraminifères benthiques (chap. 9). Cette biozonation appelée "M" d'après le nom de l'auteur de cet ouvrage complète utilement les biozonations d'organismes marins (Ammonites, Calpionelles, Nannoplanton) du Malm-Crétacé inférieur et a été étendue également au Crétacé supérieur (chap. 7, fig. 70-71).

Concernant la taxonomie des Charophytes et des Ostracodes (chap. 4-5), 2 nouveaux genres ont été créés (*Hemiglobator*, *Favargerella*), 11 nouveaux taxons décrits (*Hemiglobator praecursor*, *H. protoincrassatus*, *H. neocomiensis*, *H. steinhauseri*, *Globator mutabilis*, *Dictyoclavator neocomiensis*, *Cypridea tuberculata oertlii*, *C. mirabilis*, *C. gigantissima*, *Septacandona eocretacea*, *Cythereis donzei*), 1 genre (*Globator*) et 9 autres taxons révisés (*Hemiglobator rectispirale*, *H. maillardi*, *H. incrassatus*, *H. nurrensis*, *Favargerella*

stellata, *F. lata*, *Porochara kimmeridgensis*, *P. maxima*, *P. jaccardi*). De plus, les modalités évolutives des Clavatoracées (Charophytes) ont été analysées et discutées pour en établir un nouveau schéma phylogénétique (chap. 7, fig. 81).

Malgré une première phase d'ouverture de l'Atlantique Nord au Jurassique supérieur, certains organismes des dépôts intertidaux à supratidaux étudiés tels que des Dinosauriens (*Allosaurus*) et certaines Charophytes (Characées : *Aclistochara bransonii*) mettent en évidence jusque dans le Crétacé basal des échanges biologiques par voie terrestre ou aérienne entre l'Eurasie et l'Amérique du Nord [cf. chap. 2, § 2.5, p. 42 ; cf. chap. 3, § 1.4., p. 49 et § 1.15., p. 86-88 ; Mojon, 1989b, 2001].

Le polymorphisme très accentué des gyrogonites de certaines Charophytes (Porocharacées, Characées) lié à des variations climatiques saisonnières est illustré au Mésozoïque et dans l'Actuel par de remarquables exemples de variations morphologiques continues (variations gaussiennes, cf. courbe de Gauss) affectant les populations de la quasi-totalité des taxons étudiés dans ce travail. Ces variations morphologiques continues considérées séparément (gyrogonites isolées) semblent apparemment le plus souvent se rapporter à des espèces différentes et, par cet aspect trompeur, rendent donc très aléatoire une utilisation en biostratigraphie de tels microfossiles (chap. 5).

C'est pourquoi, la biozonation continentale établie et utilisée dans cette étude a été principalement basée sur les fructifications des Charophytes de la famille des Clavatoracées nommées "utricules" (chap. 6-7). Plus précisément, il s'agit essentiellement des utricules de la sous-famille des *Atopocharoideae* constituant les deux très intéressantes lignées phylogénétiques des *Hemiglobator-Globator* et des *Perimneste-Atopochara*. Pour le Crétacé inférieur surtout, la lignée évolutive des *Hemiglobator-Globator* permet d'établir des biozones ou "zones de distribution totale", complétées en cénozones ou "zones d'association mixte" grâce à l'adjonction des *Perimneste-Atopochara* voire d'autres Clavatoracées (*Echinocharoideae*, *Dictyoclavatoroideae*, *Clavatoroideae*) ainsi que de certains Ostracodes (*Cypridea*, *Protocythere*, *Valendocythere*) et Foraminifères benthiques (Lituolidés, Orbitolinidés, *Pavlovecina*, *Pfenderina*). En ce qui concerne le Crétacé basal (Berriasien-Valanginien) de la plate-forme jurassienne, les fig. 91 à 94 donnent un aperçu exhaustif et complet de la répartition stratigraphique de ces divers microfossiles laguno-lacustres et marins.

En outre, il faut également souligner ici que les toutes premières Clavatoracées connues au monde ont été récoltées dans le cadre de ce travail au sein des dépôts margino-littoraux de l'Oxfordien moyen du Jura franco-suisse (*Echinocharoideae* : *Echinochara pecki* ; cf. chap. 2, § 2.1., p. 33).

Étages mésogéens	Formations Membres	Cénozones continentales																
HAUTE- RIVIÈRE INF.	Marnes bleues d'Hauterive	(M7a ^m)																
VALANGINIEN	SUP.	Calcaires roux limoneux et marneux																
		Marnes à <i>Astieria</i> - bryozoaires Fm Chambotte sup.																
	INF.	Membre du Guier Marnes d'Arzier B																
		Marnes d'Arzier A																
BERRIASIE N	SUP.	Fm Chambotte inf.																
		Fm Allières sup.																
	MOYEN	Fm Vions																
		U.S.G.																
BERRIASIE N	MOYEN	Fm Pierre-Châtel																
		U.M.C.M.																
	INF.	Fm U.I.O.																
		U.I.O. Marbre bâtarde																
TITHONIEN	INF.	PURBECKIEN																
		Couches nymphéennes																
	M1a	Marnes à gypse																

(): assemblages marins équivalents des Cénozones continentales.

FIG. 91.- Tableau de répartition stratigraphique des Charophytes du Jurassique terminal – Crétacé basal de la plate-forme jurassienne. Les taxons marqueurs de la biozonation continentale M sont indiqués en gras.

L'intervalle Jurassique terminal – Valanginien inférieur est caractérisé en particulier par le genre *Hemiglobator* qui présente deux types d'utricules appartenant à plusieurs espèces, soit des utricules de petite taille résultant d'une évolution graduelle lors de périodes de bas niveau marin relatif par opposition à des utricules géants marquant des "sauts" évolutifs

importants qui se rapportent aux périodes transgressives majeures du Berriasien moyen et du Valanginien inférieur (fig. 95). Les caractères évolutifs d'ordre spécifique tels que la spiralisation ou un léger accroissement morphométrique apparaissent sur ces utricules lors d'épisodes transgressifs mineurs dans la partie supérieure du Berriasien inférieur et supérieur.

() : assemblages marins équivalents des Cénozones continentales.

TITHONIEN "PORTLANDIEN"	B E R R I A S I E N						VALANGINIEN						HAUTE- RIVIÈRE	Etages mésogéens
	INF.		MOYEN			SUP.	INF.		SUP.				INF.	Formations Membres
	PURBECKIEN		Fm Pierre-Châtel			Fm Allèves sup.	d'Arzier A		Marnes à blanches d'Haute-rive				(M7a ^m)	
	Marnes à Eypse		Couches nymphéennes	U.I.O.	U.M.C.M. Marbre bâtard	Fm Vions U.S.G.	Fm Chamotte inf.	Marnes d'Arzier B	Mentire du Guers	Byzocaines	Astier-Byzocaines	Marnes à blanches	Galatites pour Limonitiques	
	M1a		M1b	M3	M4	(M5a)	(M5b)	(M6a)		(M7a ¹)		(M7a ¹¹)		Cénozones continentales
														Cypridea mirabilis
														Cypridea tumescens acrobeles
														Cypridea tumescens praecursor
														Cypridea tumescens tumescens
														Cypridea gr. peltoides
														Cypridea binodosa
														Cypridea dunkeri carinata
														Cypridea granulosa protogranulosa
														Cypridea granulosa granulosa
														Cypridea tuberculata oertlii
														Cypridea granulosa fasciculata
														Cypridea amisia
														Cypridea vidrana
														Cypridea valdensis obliqua
														Theriosynoecum forbesii forbesii
														Theriosynoecum forbesii verrucosa
														Bisulcocypris dilatata
														Scabriculocypris trapezoides
														Scabriculocypris aff. acanthoides-cerastes
														Damonella pygmaea
														Darvinula leguminella
														Septacandona eocretacea
														Timiriasevia punctata
														Macrodentina (Dictyocythere) retirugata
														Macrodentina (Dictyocyth.) mediostricta transjuga
														Macrodentina (Dictyocyth.) mediostricta mediostricta
														Lycoperocypris sabaudiae
														Fabanella boloniensis
														Eoparacypris weodonensis
														Mantelliana purbeckensis
														Mantelliana wealdensis
														Mantelliana cyrton
														Marslatourella barnstorffensis
														Paranotacythere rimosa
														Paranotacythere favulata
														Marslatourella (Gigantou- rella) aff. gigantea
														Klieana alata

() : assemblages marins équivalents des Cénozones continentales.

TITHONIEN "PORTLANDIEN"	B E R R I A S I E N						VALANGINIEN		HAUTE- RIVIEN INF.	Etages mésogéens	Formations Membres	Cénozones continentales			
	INF.		MOYEN		SUP.		INF.	SUP.							
	PURBECKIEN		Fm Pierre-Châtel		Fm Allèves sup.		Marnes d'Arzier A	Marnes d'Arzier B					Marnes à Bryozoaires Fm Chantotte sup.	Marnes bleues d'Hauteville	Calcaires roux limiteux et marneux Marnes à Astieria- Bryozoaires Fm Chantotte inf.
	Marnes à Zypse	Couches nymphéennes	U.I.O.	U.M.C.M. Marbre bâtard	Fm Vions U.S.G.	Fm Chantotte inf.									
	M1a	M1b	M2	M3	M4	M5a	M5b	(M5b)	(M6a)	(M7a')	(M7a'')				
												<i>Protocythere revili</i>			
												<i>Protocythere mazenoti</i>			
												<i>Protocythere humilis</i>			
												<i>Protocythere?gondranensis</i>			
												<i>Valendocythere emslandensis</i>			
												<i>Valendocythere divisa</i>			
												<i>Valendocythere helvetica</i>			
												<i>Pseudoprotocythere aubersonensis</i>			
												<i>Cythereis donzei</i>			
												<i>Cythereis matura</i>			
												<i>Parexophthalmocythere berriasensis</i>			
												<i>Exophthalmocythere pustulosa</i>			
												<i>Exophthalmocythere insignis</i>			
										B. sp.		<i>Bairdia major</i>			
												<i>Palaeocytheridella? sp.</i>			
												<i>Paracypris regularis</i>			
									P. sp.			<i>Paracypris arcuatilis</i>			
												<i>Pontocyprilla pertuisi</i>			
												<i>Neocythere flandrini</i>			
												<i>Eocytheropteron abundens</i>			
												<i>Vocontiana longicostata</i>			
												<i>Phlyctocythere? globulata</i>			
												<i>Pseudobytocythere? tenuis</i>			
												<i>Euryitocythere sp.</i>			
												<i>Euryitocythere subtilis</i>			
												<i>Raymoorea peculiaris</i>			
												<i>Cytherelloidea aff. rehburgensis</i>			
												<i>Cytherelloidea rehburgensis</i>			
												<i>Cytherelloidea marignacensis</i>			
												<i>Schuleridea gr. mediocaudata</i>			
												<i>Schuleridea aff. juddi</i>			
												<i>Schuleridea aff. praethoerenensis</i>			
												<i>Schuleridea praethoerenensis</i>			
												<i>Asciocythere gr. circumdada-montis</i>			
												<i>Cytherella elongata</i>			
												<i>Cytherella dilatata</i>			
												<i>Cytherella turgida</i>			
												<i>Kentrodictyocythere typica</i>			
												<i>Kentrodictyocythere obliterata</i>			
												<i>Xestoleberis? dimorpha</i>			
												<i>Xestoleberis? alta</i>			
												<i>Monoceratina sculpta</i>			
												<i>Monoceratina? burgensis</i>			
												<i>Acrocythere diversa</i>			
												<i>Acrocythere constricta</i>			

FIG. 93. – Tableau de répartition stratigraphique des Ostracodes marins du Crétacé basal de la plate-forme jurassienne. Les taxons marqueurs de la biozonation continentale M sont indiqués en gras. () assemblages marins équivalents des Cénozones continentales.

() : assemblages marins équivalents des Cénozones continentales.

TITHONIEN "PORTLANDIEN"	B E R R I A S I E N					VALANGINIEN				HAUTE- RIVIEN INF.	Etages mésogéens
	INF.		MOYEN		SUP.	INF.		SUP.			
	PURBECKIEN		Fm Pierre-Châtel		Fm Allèves sup.	Marnes d'Arzier A		Marnes d'Arzier B	Marnes bleues d'Haute-rive		
M1a	Marnes à cypse	Couches nymphéennes	U.I.O.	U.M.C.M. Marbre bâtard	Fm Vions U.S.G.	(M5b)	(M5b)	(M6a)	(M7a')	(M7a'')	Formations Membres
	M1b	M2	M3	M4	(M5a)	M5a	(M7a'')	(M7a''')	Cénozones continentales		
											Acrocythere bicostata
											Polycopse sp.
											Paranotacythere sp.
											Monoceratina sp.
											Doloccythere sp.
											Xestoleberis sp.
											Protocythere praetriplicata
											Protocythere aff. sp. 507
											Valendocythere reicheli
											Valendocythere pustulata
											Costacythere franki
											Parexophtalmocythere rodewaldensis
										spp.	Schuleridea thoerenensis
											Cytherelloidea imminuera
											Cytherella fragilis
											Paracypris acuta
											Protocythere triplicata
											Rehacythereis bernardi
											Hechtycythere hechti
											Hechtycythere pumila
											Anchispirocyclina lusitanica
											Feurtillia frequens
											Feurtillia aff. frequens
											Trocholina gr. alpina-elongata
											Pseudocyclammina lituus
											Nautiloculina cretacea
											Nautiloculina broennimanni
											Pseudotextulariella courtionensis
											Pavlovecina allobrogensis
											Choffatella pyrenaica
											Ammocycloloculina erratica
											Torinosuella peneroptiformis
											Eclusia moutyi
											Cribellopsis sp.
											Paracoskinolina pfenderae
											Valdanchella aff. miliani
											Paracoskinolina cf. sunnilandensis
											Pfenderina aff. neocomiensis
											Pfenderina neocomiensis
											Montslevia gr. elevata
											Montslevia salevensis

FIG. 94.- Tableau de répartition stratigraphique des Ostracodes marins (suite) et des Foraminifères benthiques du Jurassique terminal – Crétacé basal de la plate-forme jurassienne. Les taxons marqueurs de la biozonation continentale M sont indiqués en gras.

() assemblages marins équivalents des Cénozones continentales.

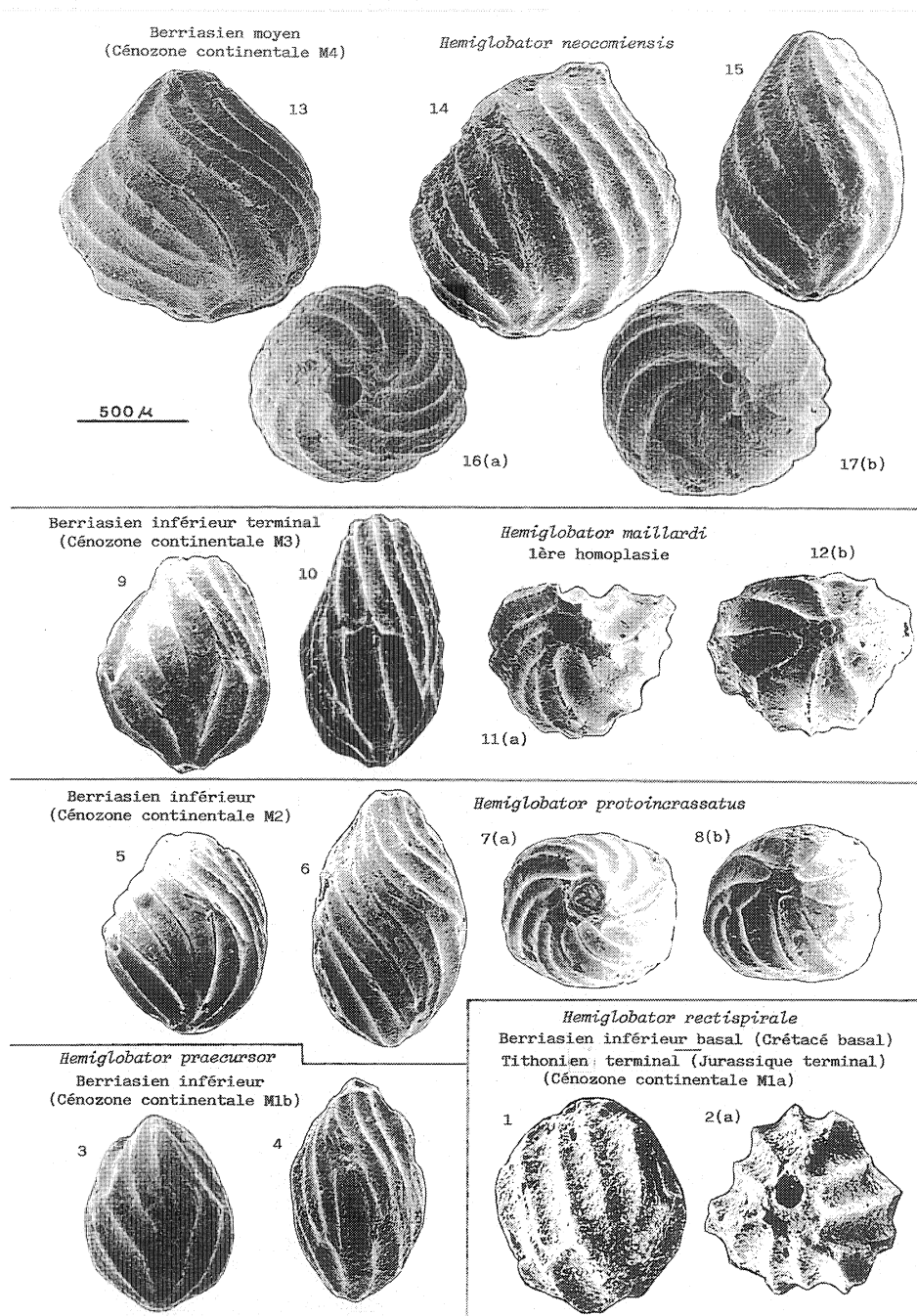


FIG. 95. – Lignée évolutive du genre *Hemiglobator* (Clavatoracées, Charophytes) dans l'intervalle Tithonien supérieur – Valanginien inférieur. D'après Mojon [2002].

Aptien inférieur (Bédoulien) est caractérisé surtout par le genre *Globator* dont les diverses espèces se différencient en fonction de la régression progressive puis de la disparition totale des cellules basales des utricules (fig. 96).

L'étude sédimentologique, micropaléontologique et biostratigraphique de ce travail (chap. 2-3, 6 et 9) permet d'abord de mettre en évidence dans le Crétacé inférieur de la plate-forme jurassienne des lacunes stratigraphiques ainsi que des anomalies sédimentaires

et biologiques importantes laissant supposer des influences paléotectoniques non négligeables (tectonique synsédimentaire) à partir de failles d'origine tardi-hercynienne (chap. 8). Ainsi, les formations et membres du Berriasien-Valanginien du Jura présentent des variations notables d'épaisseur traduisant certainement des érosions et des remaniements postérieurs au dépôt de ces séries (fig. 47 et 85). De même, la série urgonienne de Chartreuse occidentale est affectée localement au niveau de l'Aptien basal (Bédoulien) par une lacune sédimentaire significative correspondant à

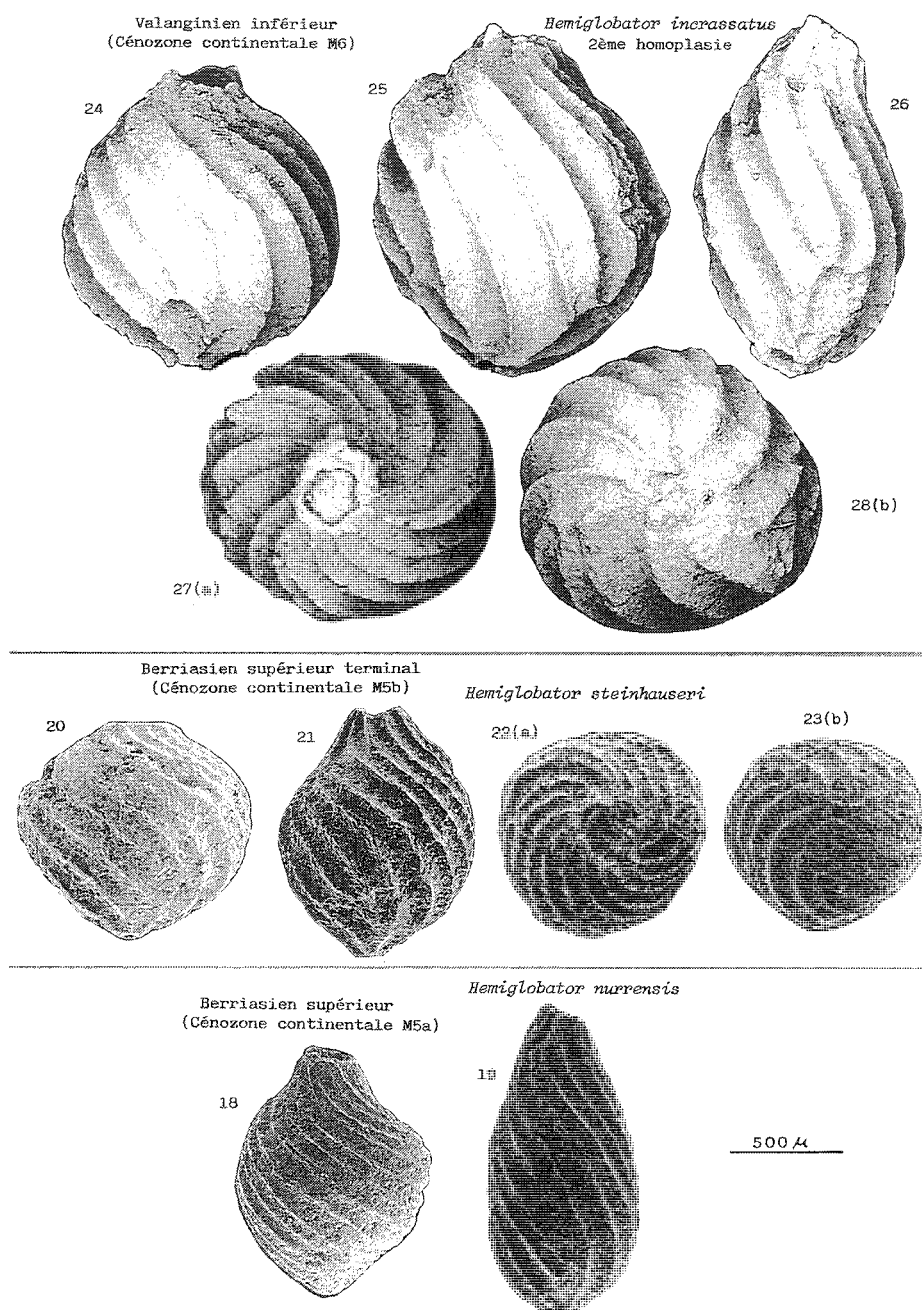


FIG. 95 (suite).— Lignée évolutive du genre *Hemiglobator* (Clavatoracées, Charophytes) dans l'intervalle Tithonien supérieur – Valanginien inférieur. D'après Mojon [2002].

une importante barre calcaire de plus de 80 m d'épaisseur (Berland, fig. 50).

Grâce à un échantillonnage complémentaire dans le Purbeckien anglais, cette étude permet de proposer un schéma très précis de corrélation entre les domaines téthysien et boréal, qui démontre que le Volgien englobe le Berriasien inférieur et que le Ryazanien correspond au Berriasien moyen-supérieur, les Cinder Beds se plaçant au sein de l'Unité Inférieure Oolithique du Jura franco-suisse (fig. 89).

Par rapport aux conclusions de ce travail, il reste encore à établir pour le Jurassique–Crétacé de la plateforme jurassienne un schéma régional de stratigraphie séquentielle, qui s'avère très complexe à mettre au point vu les particularités des dépôts concernés (tectonique synsédimentaire, variations latérales rapides des faciès, dépôts discontinus par érosions et remaniements successifs). Il s'agirait enfin de pouvoir mieux comprendre et analyser les problèmes de paléotectonique mis en évidence.

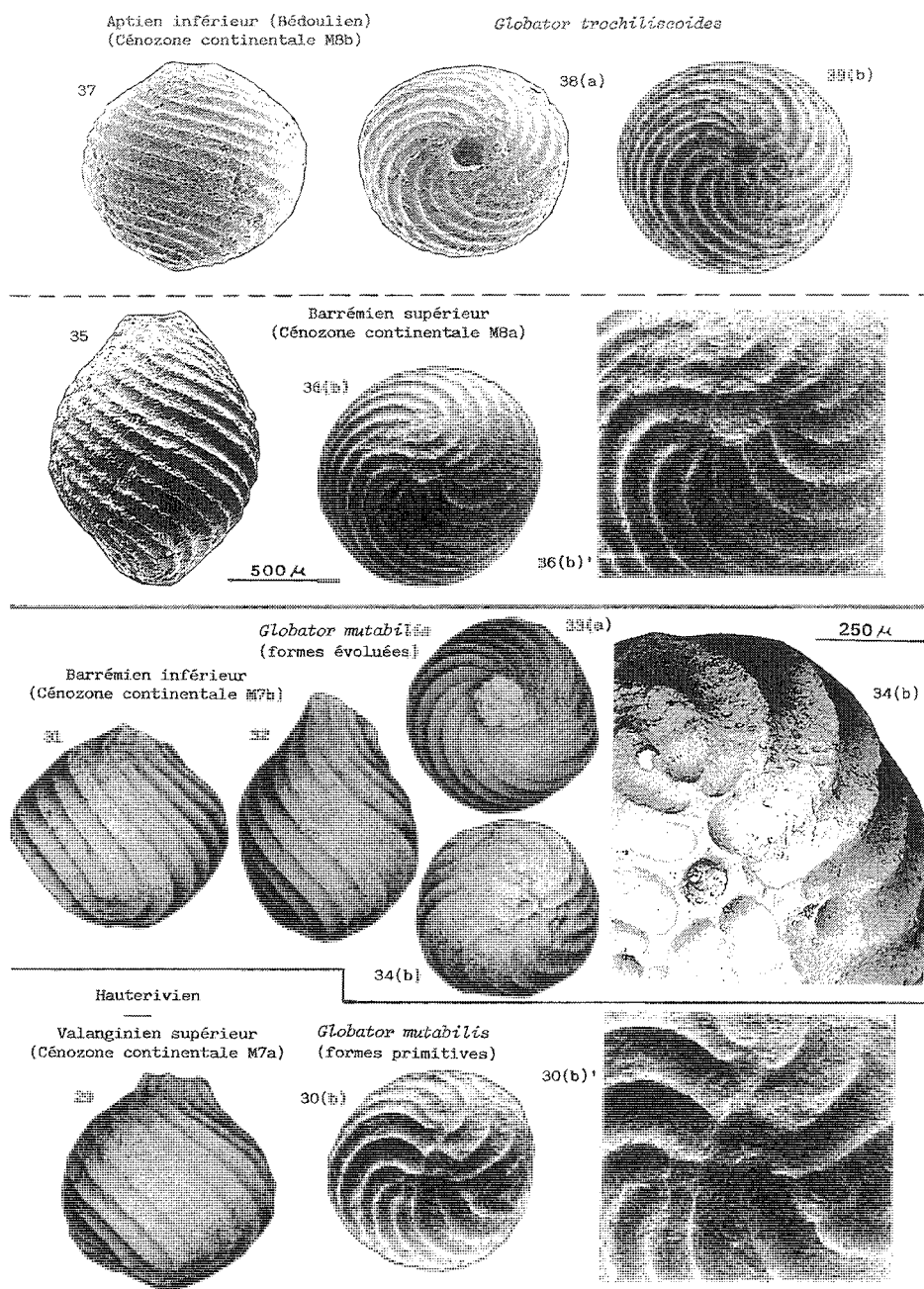


FIG. 96.— Lignée évolutive du genre *Globator* (Clavatoracées, Charophytes) de l'intervalle Valanginien supérieur – Aptien inférieur (Bédoulien). D'après Mojon [2002].

Légendes complémentaires des figures 95-96.

Vues de profil, vues apicales (a), vues basales (b). En ' : vues basales fortement agrandies.

1-2 (même spécimen) : Monts de Chellala (MAH 17 ; USTL CF 2947), Algérie occidentale. 3-4 : St-Claude (SCI 10 ; MHNG 59593), Jura français central. 5 à 8 : St-Claude (SCI 30 ; *ibid.*). 9 à 12 : Lavans-les-St-Claude (LV 26 ; *ibid.*, *ibid.* 13 à 17 : Riedli/Bienne (RB 55 ; MHNG 59597), Jura suisse occidental. 18-19 : Pont-de-la-Dorche (PD 1506-1507 ; MHNG 59600), Jura français méridional. 20 à 23 : Molard de Vions (MV 45 ; *ibid.*, *ibid.* 24 à 28 : El Mangraner (MAN 11 ; MHNG 59602), Maestrazgo, N.-E. de l'Espagne. 29-30 (même spécimen) : El Mangraner (MAN 16 ; MHNG 59607). 31 à 34 : Les Rases (LR 2 ; *ibid.*), Maestrazgo. 35-36 : Cabo del Termino (CTE-2 ; MHNG 59609), Catalanides, N.-E. de l'Espagne. 37 à 39 : La Ruchère (LRu 4-5 ; MHNG 59612), Chartreuse occidentale, S.-E. de la France.

Remerciements

Ma gratitude s'adresse tout particulièrement au Professeur Hubert Arnaud et à sa femme, le Dr. Annie Arnaud-Vanneau (Grenoble), sans l'insistance et les encouragements desquels ce travail n'aurait jamais été présenté.

D'une manière générale, l'accueil et l'esprit d'ouverture des collaborateurs et des étudiants de l'Université Joseph Fourier de Grenoble 1 ont été remarquables et méritent d'être mentionnés ici. A ce titre, je tiens à remercier le Professeur Georges Mascle, Président de mon jury de thèse, pour sa bienveillance et l'intérêt ainsi porté à mes recherches. Parallèlement, les discussions et les investigations menées sur le terrain avec mes collègues et amis les Dr. Eric et Marie-Caroline Blanc-Alétru, le Dr. Luc Bulot, ainsi que le Dr. Aurélien Virgone ont énormément contribué au succès et à l'aboutissement de ce travail. Enfin, je n'oublie pas non plus l'aide précieuse de Madame Martine Argot dans le domaine de l'édition, ni l'amabilité et le gentillesse de Monsieur Jean-Pierre Thieuloy.

Je souhaite aussi témoigner ma vive reconnaissance aux divers spécialistes qui m'ont fait bénéficier de leurs compétences et m'ont consacré beaucoup de leur précieux temps, en m'honorant ainsi de leur amitié et de leur estime. À cet égard, je suis particulièrement heureux que mon co-rapporteur de thèse soit le Dr. Monique Feist (U. S. T. L., Montpellier) qui m'a apporté avec ses collègues Mesdames Nicole Grambast-Fessard et Dr. Ingeborg Soulié-Märsche un appui indispensable et très apprécié dans le domaine de l'étude des Charophytes fossiles et actuelles.

En outre, les Professeurs Jacques Médus (Marseille) et Klaus Bandel assisté du Dr. Klaus Harbeck (Hambourg) ont réalisé des contributions tout à fait exceptionnelles dans le cadre de ce travail, qui se rapportent respectivement à la Palynologie (spores et pollens) et aux Gastéropodes des dépôts émergifs du Jurassique moyen (Calcaire de Comblanchien) et du Crétacé basal (faciès purbeckiens et wealdiens) de la plate-forme jurassienne. En complément, le Dr. Han Leereveld et son collègue le Dr. Martin Wilpshaar (Utrecht) m'ont également fourni de très intéressantes informations sur les Dinokystes marins du Berriasien-Valanginien du Jura suisse occidental et de l'Urgonien de Chartreuse occidentale.

Concernant les Ostracodes et la Sédimentologie, le Dr. Henri Oertli (Bizanos) m'a fait bénéficier avec le Professeur André Strasser (Fribourg) de vastes connaissances, ainsi que d'un important matériel de référence et de nombreux documents inédits. De même, le Professeur Jean-Pierre Berger (Fribourg) et le regretté Dr. Pierre-Yves Berthou (Paris, † 1994) m'ont très obligeamment transmis de précieux échantillons des faciès purbeckiens du Jura et du Portugal. Qu'ils trouvent chacun ici l'expression de toute ma reconnaissance.

D'autre part, le Professeur Henri Tintant (Dijon) et le Dr. Robert Busnardo (Lyon) doivent aussi être chaleureusement remerciés pour leurs déterminations de Céphalopodes du Crétacé basal du Jura, de même que le Professeur Bernard Krebs (Berlin) qui a examiné les rares dents de Vertébrés (Poissons et Dinosaurien) collectées dans les faciès émergifs éocénés de la plate-forme jurassienne. De même, le Dr. Bruno Granier (Paris) a très amicalement déterminé les

Dasycladacées du Berriasien-Valanginien du Jura franco-suisse.

Je suis aussi très reconnaissant au Dr. Michel Benest (Lyon) qui m'a obligeamment transmis de remarquables échantillons du Jurassique terminal de l'Algérie occidentale, ainsi qu'au Professeur John Neale (Hull) pour son précieux matériel du Purbeckien anglais. De même, le Dr. Norbert Steinhauser (St-Sauveur-de-Cruzières) m'a également remis plusieurs échantillons micropaléontologiques de référence des faciès wealdiens et purbeckiens du Jura franco-suisse.

Au niveau de la publication, je tiens à exprimer ma grande gratitude à la Fondation Dr. Joachim De Giacomini (Bâle) et à la Société Académique de Genève, qui ont financé l'impression de l'article Détraz et Mojon [1989] représentant une étape très importante dans l'avancement de mes recherches.

Je voudrais également remercier ici l'Université de Genève pour la période d'assistantat (1986-1990) qui m'a permis de mener pendant plusieurs années des recherches détaillées et exhaustives, sans lesquelles il eût été impossible de mener à bien un tel travail. De plus, ma vive reconnaissance s'adresse tout spécialement au Dr. Jean Wüest (Conservatoire et Jardin botanique, Museum d'Histoire naturelle, Genève), qui a réalisé au MEB avec une patience et un soin exemplaires la volumineuse partie photographique de cette étude. Pour ces raisons et aussi parce que cette solution offrait une garantie de sécurité optimale, l'important matériel micropaléontologique et sédimentologique collecté au cours de 13 années de recherches a été déposé au Museum d'Histoire naturelle de Genève et je suis sincèrement reconnaissant au Conservateur de Géologie, le Dr. Danielle Decrouez, d'avoir accepté de le recevoir et d'en prendre soin.

L'Université de Neuchâtel mérite aussi d'être citée ici, pour l'appui constant que j'y ai reçu tout au long de mes recherches. Ainsi, je remercie mon Professeur de Paléontologie et de Stratigraphie, Jürgen Remane, qui a examiné certains échantillons importants et m'a fourni de précieuses informations tout en acceptant aimablement de fonctionner comme rapporteur de ce travail. De même, je dois énormément à mon très cher ami Gérard Magranville, qui a assuré la préparation d'innombrables échantillons et égayé mon laborieux cheminement à coups d'apéros mémorables, ainsi qu'au Dr. Eric De Kaenel pour les excursions géologiques et gastronomiques effectuées ensemble.

Ma très grande gratitude s'adresse également au Professeur Jacques Thierry (Dijon) ainsi qu'au Dr. Jean-Paul Colin (Cesnas) qui ont très aimablement accepté de participer à mon jury de thèse et m'ont permis grâce à leurs commentaires avisés d'améliorer encore énormément la qualité de mon mémoire de thèse.

Pour conclure et sans pouvoir encore remercier ou citer tous ceux qui, d'une manière ou d'une autre, ont contribué à faire progresser mes recherches, je voudrais néanmoins rappeler ici le souvenir d'Hervé Détraz, Stefan Kölbig, Véronique Orsat et Vito Angelillo (Genève), sans oublier l'aide dévouée de Christophe Schafteit et Philippe Müller (Lausanne) ni le soutien matériel et moral déterminant de mes chers parents.

Références

- ABRARD R. (1946).— Sur la formation du détroit morvano-vosgien. *C. R. Acad. Sci.*, Paris, **222**, 967-969.
- ACHARYYA S.K. & LAHIRI T.C. (1991).— Cretaceous paleogeography of the Indian subcontinent; a review. *Cretaceous Research*, London, **12**/1, 3-26.
- ADATTE T. & RUMLEY G. (1984).— Microfaciès, minéralogie, stratigraphie et évolution des milieux de dépôt de la plate-forme berriasio-valanginienne des régions de Ste-Croix (VD), Cressier et du Landeron (NE). *Bull. Soc. neuchât. Sci. nat.*, Neuchâtel, **107**, 221-239.
- ADATTE T. (1988).— Etude sédimentologique, minéralogique, micro-paléontologique et stratigraphique du Berriasien – Valanginien du Jura central. *Thèse Univ. Neuchâtel*, 2 volumes, (inédate), 479 p.
- AINARDI R. (1975).— Microfaciès et paléoécologie du "Purbeckien" des régions de Nantua et Saint-Rambert (Jura méridional). Mise en évidence d'un horizon à *Anchispirocyclina lusitanica* (EGGER). In: Colloque sur la limite Jurassique-Crétacé (Lyon-Neuchâtel, 1973). *Mém. Bur. Rech. Géol. Min.*, Paris, **86**, 232-241.
- AINARDI R. (1977).— Un paysage margino-littoral : le "Purbeckien" du Jura méridional. *Bull. Soc. géol. France*, (7), **29**/2, 257-264.
- AINARDI R. & CHAMPETIER Y. (1976).— Processus de formation d'intraclasses par dessiccation en milieu-margino-littoral; exemple dans le "Purbeckien" du Jura. *Bull. Soc. géol. France*, (7), **28**/1, 159-161.
- ALLEMANN F., CATALANO R., FARÈS F. & REMANE J. (1971).— Standard calpionellid zonation (Upper Tithonian-Valanginian) of the Western Mediterranean province. In: Proc. II Plankt. Conf. Roma 1970, **2**, 1337-1340. *Ed. Tecnoscienza, Roma*.
- ALLEN P. & WIMBLEDON W.A. (1991).— Correlation of NW European Purbeck-Wealden (nonmarine Lower Cretaceous) as seen from the English type-areas. *Cretaceous Research*, London, **12**/5, 511-526.
- ALVAREZ W. (1997).— T. rex and the crater of the doom. *Princeton University Press, New Jersey*, 185 p. *Penguin Books, London* (1998). Trad. française (1998) : La fin tragique des Dinosaures, *Hachette Littératures, Paris*, 235 p.
- ANDERSON F.W. (1939).— Wealden and Purbeck Ostracoda. *Ann. Mag. Nat. Hist. London*, (11), **3**, 291-310.
- ANDERSON F.W. (1940).— Ostracoda from the Portland and Purbeck Beds at Swindon. *Proc. Geol. Ass.*, London, **51**/4, 373-384, (issued 1941).
- ANDERSON F.W. (1951).— Note sur quelques ostracodes fossiles du Purbeckien de Suisse. *Archives des Sciences*, Genève, **4**/3, 209-212.
- ANDERSON F.W. (1962).— Correlation of the Upper Purbeck Beds of England with the German Wealden. *Lpool Manchr Geol. J.*, Liverpool, **3**/1, 21-32.
- ANDERSON F.W. (1964).— Rhaetic Ostracoda. *Bull. Geol. Surv. of Great Britain*, London, **21**, 133-174.
- ANDERSON F.W. (1966).— New genera of Purbeck and Wealden Ostracoda. *Bull. British Museum (Nat. Hist.)*, London, sér. Geol., **11**/9, 435-446.
- ANDERSON F.W. (1967).— Ostracods from the Weald Clay of England. *Bull. Geol. Surv. of Great Britain*, **27**, 237-269.
- ANDERSON F.W. (1974).— The Jurassic-Cretaceous transition: the non-marine ostracod faunas. In: Casey, R. & Rawson, P.F. (eds.), The boreal Cretaceous, p. 101-110. *Seel House Press, Liverpool*.
- ANDERSON F.W. (1985).— Ostracod faunas in the Purbeck and Wealden of England. *J. Micropalaeont.*, London, **4**/2, 1-68.
- ANDERSON F.W. & BAZLEY R.A.B. (1971).— The Purbeck Beds of the Weald (England). *Bull. geol. Surv. of Great Britain*, London, **34**, 175 p.
- ANDREEV YU. N. & MANDELSTAM M.I. (1971).— Biogeographical Associations of Cretaceous Ostracods in the U.S.S.R. In: Colloque sur la Paléoécologie des Ostracodes (Pau, 1970). *Bull. Centre Rech. Pau-SNPA*, 5bis, 683-693.
- ANDREU B., CANÉROT J., CHARRIÈRE A. & FEIST M. (1988).— Mise en évidence du Wealdien (Barrémien) dans le Moyen-Atlas (région de Boulmane, Maroc). *C. R. Acad. Sci.*, Paris, série D, **307**, 2069-2075.
- ANDREU B., CHARCOSSET P. & CISZAK R. (1999).— Ostracodes du Bathonien moyen et supérieur des Grands-Causse, Sud de la France. Associations et paléoenvironnements. *Rev. Micropaléont.*, Paris, **42**/3, 187-211.
- ARBEY F. (1980).— Les formes de la silice et l'identification des évaporites dans les formes silicifiées. *Bull. Centres Rech. Explor.-Prod. Elf-Aquitaine*, Pau, **4**/1, 310-365.
- ARKELL W.J. (1935).— On the Lower Kimeridgian Ammonite Genere *Pictonia*, *Rasenia*, *Aulacostephanus* and *Ataxioceras*. *Geological Magazine*, London, **72**, 246-257.
- ARKELL W.J. (1956).— Jurassic Geology of the World. *Oliver & Boyd Ltd, Edinburgh, London*, 806 p.
- ARNAUD-VANNEAU A. (1980).— Micropaléontologie, paléoécologie et sédimentologie d'une plate-forme carbonatée de la marge passive de la Téthys : l'Urgonien du Vercors septentrional et de la Chartreuse (Alpes occidentales). *Géologie Alpine*, Grenoble, mémoire **11** (3 volumes), 874 p.
- ARNAUD-VANNEAU A. & MÉDUS J. (1977).— Palynoflores barrémopliennes de la plate-forme urgonienne du Vercors. Palynostratigraphie de quelques formes de *Classopollis* et de quelques pollens angiospermiens. *Géologie Alpine*, Grenoble, **53**, 35-55.
- ARNAUD-VANNEAU A. & PEYBERNÈS B. (1978).— Les représentants éocétacés du genre *Nautiloculina* MOHLER, 1938 (*Foraminifera*, fam. *Lituolidae*?) dans les chaînes subalpines septentrionales (Vercors) et les Pyrénées franco-espagnoles. Révision de *Nautiloculina cretacea* PEYBERNÈS, 1976 et description de *Nautiloculina brönnimanni* n. sp. *Geobios*, Lyon, **11**/1, 67-81.
- ARNAUD-VANNEAU A. & ARNAUD H. (1990).— Hauterivian to Lower Aptian carbonate shelf sedimentation and sequence stratigraphy in the Jura and northern Subalpine chains (southeastern France and Swiss Jura). *Spec. Publ. int. Ass. Sediment.*, Oxford, **9**, 203-233.
- ARNAUD-VANNEAU A. & ARNAUD H. (1991).— Sédimentation et variations relatives du niveau de la mer sur les plates-formes carbonatées du Berriasien-Valanginien inférieur et du Barrémien dans les massifs subalpins septentrionaux et le Jura (Sud-Est de la France). *Bull. Soc. géol. France*, **162**/3, 535-545.
- ARNAUD H. (1981).— De la plate-forme urgonienne au bassin vocontien : le Barrémo-Bédoulien des Alpes occidentales entre Isère et Büech (Vercors méridional, Diois oriental et Dévoluy). *Géologie Alpine*, Grenoble, mémoire **12** (3 volumes), 804 p.
- ARNAUD H. & ARNAUD-VANNEAU A. (1989).— Séquences de dépôt et variations du niveau relatif de la mer au Barrémien et à l'Aptien inférieur dans les massifs subalpins septentrionaux et le Jura (Sud-Est de la France). *Bull. Soc. géol. France*, (8), **5**/3, 651-660.
- ARNAUD H. & ARNAUD-VANNEAU A. (1991).— Les Calcaires urgoniens des Massifs subalpins septentrionaux et du Jura (France) : âge

- et discussion des données stratigraphiques. *Géologie Alpine*, Grenoble, **67**, 63-79.
- ARNAUD H., ARNAUD-VANNEAU A., BLANC-ALÉTRU M.C., ADATTE T., ARGOT M., DELANOY G., THIEULOY J.P., VERMEULEN J., VIRGONE A., VIRLOUVEY B. & WERMEILLE S. (1998).— Répartition stratigraphique des Orbitolinidés de la plate-forme urgonienne subalpine et jurassienne (SE de la France). *Géologie Alpine*, Grenoble, **74**, 3-89.
- AUBERT D. & BADOUX H. (1956).— Notice explicative de la carte géologique générale de la Suisse (feuille 1, Neuchâtel), *Ed. Kümmerly & Frey, Berne*, 27 p.
- AUBERT D. (1975).— L'évolution du relief jurassien. *Eclogae geol. Helv.*, Basel, **68/1**, 1-64.
- AUBOUIN J., DEBELMAS J. & LATREILLE M. (coord.) et coll. (1980).— Géologie des chaînes alpines issues de la Téthys. *Mém. Bur. Rech. Géol. Min.*, Orléans, **115**, 355 p.
- AUBOUIN J. (1985a).— Alpines (chaînes). *Encyclopaedia Universalis*, Paris, p. 968-972.
- AUBOUIN J. (1985b).— Tectonique des plaques. *Encyclopaedia Universalis*, Paris, p. 783-792.
- AUROUZE G. & BIZON J.J. (1958).— Rapports et différences des deux genres de Foraminifères : *Kilianina* PFENDER et *Meyendorffina* n. gen. *Rev. Micropaléont.*, Paris, **1/2**, 67-74.
- AYRTON S. (1980).— La géologie de la zone Martigny-Chamonix (versant suisse) et l'origine de la nappe de Morcles (un exemple de subduction continentale). *Eclogae geol. Helv.*, Basel, **73/1**, 137-172.
- AZÉMA J., FOURCADE E., JAFFREZO M. & THIEULOY J.P. (1976).— Sur l'âge valanginien inférieur de la biozone à *Valdanchella miiiani* (Foraminifère). Intérêt pour la stratigraphie dans le domaine méditerranéen occidental. *C. R. Acad. Sci.*, Paris, série D, **282**, 1411-1414.
- AZÉMA J., CHABRIER G., FOURCADE E. & JAFFREZO M. (1977).— Nouvelles données micropaléontologiques, stratigraphiques et paléogéographiques sur le Portlandien et le Néocomien de Sardaigne. *Rev. Micropaléont.*, Paris, **20/3**, 125-139.
- BABINOT J.F., GERVAIS J., MASSE J.P. & TRONCHETTI G. (1971).— Contribution à l'étude micropaléontologique et sédimentologique de la formation des "Marnes vertes infracrétacées" de la Basse-Provence occidentale (Sud-Est de la France). *Ann. Univ. Provence*, Marseille, **46**, 189-208.
- BABINOT J.F. & FREYTET P. (coord.) et al. (1983).— Le Sénonien supérieur continental de la France méridionale et de l'Espagne septentrionale : état des connaissances biostratigraphiques. *Géologie Méditerranéenne*, Marseille, **10/3-4**, 245-268.
- BANDEL K. (1991).— Gastropods from brackish and fresh water of the Jurassic-Cretaceous transition (a systematic reevaluation). *Berliner geowiss. Abh.*, Berlin, A, **134**, 9-55.
- BAPST A. (1987).— Le lac de Neuchâtel : Physico-Chimie et Turbidimétrie des Eaux. Concentration, Minéralogie et Granulométrie des Particules en Suspension. *Thèse Univ. Neuchâtel* (inéédite), 101 p.
- BARALE G. (1981).— La paléoflore jurassique du Jura français : étude systématique, aspects stratigraphiques et paléoécologiques. *Doc. Lab. Géol. Fac. Sci. Lyon*, **81**, 1-467.
- BARALE G., BLANC LOUVEL C., BUFFETAUT E., COURTINAT B., PEYBERNÈS B., VIA BOADA L. & WENZ S. (1984).— Les gisements de calcaires lithographiques du Crétacé inférieur du Montsec (Province de Lérida, Espagne). Considérations paléoécologiques. *Geobios*, Lyon, mém. spécial **8**, 275-283.
- BARATTOLO F. & DE CASTRO P. (1991).— Site 1 - Early Cretaceous of Monte Faito. Site 6 - Early Cretaceous of Mount Tobenna (Salerno, Campania). *5th International Symposium on Fossil Algae, Capri, 7-12 April 1991*. Field Trip Guide Book, p. 47-55, p. 72-77.
- BARKER D. (1966).— Ostracods from the Portland and Purbeck Beds of the Aylesbury District. *Bull. British Museum (Nat. Hist.)*, sér. Geol., **11/9**, 459-487.
- BARKER D., BROWN C.E., BUGG S.C. & COSTIN J. (1975).— Ostracods, land plants, and Charales from the basal Purbeck Beds of Portesham Quarry, Dorset. *Palaeontology*, London, **18/2**, 419-436.
- BARRON E.J., HARRISON C.G.A., SLOAN J.L. & HAY W.W. (1981).— Paleogeography, 180 million years ago to the Present. *Eclogae geol. Helv.*, Basel, **74/2**, 443-470.
- BARRON E.J. (1983).— A warm, equable Cretaceous: the nature of the problem. *Earth Sci. Rev.*, Amsterdam, **19**, 305-338.
- BARTENSTEIN H. & BRAND E. (1951).— Mikropaläontologische Untersuchungen zur Stratigraphie des nordwestdeutschen Valendis. *Abh. senckenb. natf. Ges.*, Frankfurt am Main, **485**, 239-337.
- BARTENSTEIN H. & BURRI F. (1954).— Die Jura-Kreide – Grenzschiechten in schweizerischen Faltenjura und ihre Stellung im mitteleuropäischen Rahmen. *Eclogae geol. Helv.*, Basel, **47/2**, 426-443.
- BARTENSTEIN H. (1959a).— Die Jura/Kreide Grenze in Europa. Ein Überblick des derzeitigen Forschungsstandes. *Eclogae geol. Helv.*, Basel, **52/1**, 15-18.
- BARTENSTEIN H. (1959b).— Feinstratigraphisch wichtige Ostracoden aus dem Nordwestdeutschen Valendis. *Paläont. Z.*, Stuttgart, **33/4**, 224-240.
- BASSIOUNI M.A.A. (1974).— *Paranotacythere* n. g. (Ostracoda) aus dem Zeitraum Oberjura bis Unterkreide (Kimmeridgium bis Albium) von Westeuropa. *Geol. Jb.*, Hannover, A, **17**, 3-111.
- BASSOULET J.P., BERNIER P., CONRAD M.A., DELOFFRE R. & JAFFREZO M. (1978).— Les Algues Dasycladales du Jurassique et du Crétacé. Révision critique. *Geobios*, Lyon, mémoire spécial n° **2**, 330 p., 40 pl.
- BATE R.H. (1965).— Freshwater Ostracods from the Bathonian of Oxfordshire. *Palaeontology*, London, **8**, 749-759.
- BATTEN D.J. (1973a).— Use of palynologic assemblage-types in Wealden correlation. *Palaeontology*, London, **16/1**, 1-40.
- BATTEN D.J. (1973b).— Palynology of early Cretaceous soil beds and associated strata. *Palaeontology*, London, **16/2**, 399-424.
- BAUMBERGER E. & MOULIN H. (1898).— La série néocomienne à Valangin. *Bull. Soc. neuchât. Sci. nat.*, **26**, 150-210.
- BENEST M. (1985).— Évolution de la plate-forme de l'ouest algérien et du nord-est marocain au cours du Jurassique supérieur et au début du Crétacé : stratigraphie, milieux de dépôt et dynamique sédimentaire. *Doc. Lab. Géol. Fac. Sci. Lyon*, **95/1-2**, 1-581.
- BERNARD F., BIZON J.J. & OERTLI H.J. (1956).— Ostracodes lacustres du Bathonien du Poitou (Bassin de Paris). *Bull. Soc. géol. France*, (6), **6**, 753-770.
- BERNIER P. (1974).— *Campbelliella striata* (CAROZZI); Algue Dasycladacées? Une nouvelle interprétation de l'"organisme C" FAVRE & RICHARD, 1927. *Geobios*, Lyon, **7/2**, 155-175.
- BERNIER P. (1984).— Les formations carbonatées du Kimméridgien et du Portlandien dans le Jura méridional. Stratigraphie, micropaléontologie, sédimentologie. *Doc. Lab. Géol. Fac. Sci. Lyon*, **92/1-2**, 803 p.
- BERNIER P. & NEUMANN M. (1970).— *Alzonella cuvillieri* n. gen., n. sp., nouveau genre de Foraminifère du Bathonien de la bordure méridionale des Cévennes. *Rev. Micropaléont.*, Paris, **13/1**, 3-12.
- BERNIER P., BARALE G., BOURSEAU J.P., BUFFETAUT E., GAILLARD CH., GALL J.C., WENZ S., ENAY R., DEMATHIEU G. et coll. (1985).— Cerin, une lagune tropicale au temps des Dinosaures. *Ed. CNRS et Museum de Lyon*, 136 p.
- BESAIRES H. & COLLIGNON M. (1972).— Géologie de Madagascar. I. Les terrains sédimentaires. *Annales géologiques de Madagascar*, Tananarive, **35**, 463 p., 89 pl.
- BIELECKA W. (1975).— Foraminifera and brackish ostracoda from the Portlandian of Polish Lowlands. *Acta Palaeontologica Polonica*, Warszawa, **20/3**, 295-393.

- BIGNOT G. & GRAMBAST L. (1969).— Sur la position stratigraphique et les Charophytes de la Formation de Kozina (Slovénie, Yougoslavie). *C. R. Acad. Sci.*, Paris, **269**, 689-692.
- BILOTTE M. & MASSIEUX M. (1988).— Nouvelles espèces de Characeae du Campanien du "Bassin" de Nalzen (zone nord-pyrénéenne, Ariège, France). *Rev. Micropaléont.*, Paris, **31/1**, 3-14.
- BLANC-ALÉTRU M.C. (1995).— Importance des discontinuités dans l'enregistrement sédimentaire de l'Urgonien jurassien. Micropaléontologie, sédimentologie, minéralogie et stratigraphie séquentielle. *Géologie Alpine*, Grenoble, mémoire hors série n° **24**, 299 p.
- BLANC E. (1996).— Transect plate-forme - bassin dans les séries carbonatées du Berriasien supérieur et du Valanginien inférieur (domaines jurassien et nord-vocontien). Chronostratigraphie et transferts de sédiments. *Géologie Alpine*, Grenoble, mémoire hors série n° **25**, 311 p.
- BLANC E. & MOJON P.O. (1996).— Un paléokarst du Crétacé basal (Berriasien moyen) dans le Jura suisse occidental (région de Bienne) : corrélations avec les domaines boréal et téthysien. *Cretaceous Research*, London, **17/4**, 403-418.
- BLANC E., BLANC-ALÉTRU M.C. & MOJON P.O. (1998).— Soft-sediments deformation structures interpreted as seismites in the uppermost Aptian to lowermost Albian transgressive deposits of the Chihuahua basin (Mexico). *Geol. Rundsch.*, Berlin, **86/4**, 875-883.
- BLONDEL T. (1984).— Etude géologique et tectonique de la partie septentrionale de la Montagne du Vuache (Haute-Savoie, France). *Trav. Dipl. Univ. Genève* (inédit), 310 p.
- BLONDEL T. (1990).— Lithostratigraphie synthétique du Jurassique et du Crétacé inférieur de la partie septentrionale de la montagne du Vuache (Jura méridional, Haute-Savoie, France). *Archives des Sciences*, Genève, **43/1**, 175-191.
- BLONDEL T., CHAROLLAIS J., CLAVEL B., SCHROEDER R., MOJON P.O. & MONTEIL E. (1986).— Etude des Charophytes de la coupe du flanc septentrional de l'anticlinal du Plateau d'Andey. In : Livret-guide de l'excursion n° 1 du Congrès BENTHOS' 86 dans le Jura méridional et les Chaînes subalpines, p. 83-85. *Publ. Dépt. Géol. Paléont. Univ. Genève*, série Guide géol. n° **5**, 107 p.
- BLONDEL T., CHAROLLAIS J., SAMBETH U. & PAVONI N. (1988).— La faille du Vuache (Jura méridional) : un exemple de faille à caractère polyphasé. *Bull. Soc. vaudoise Sci. nat.*, Lausanne, **79/2**, 65-91.
- BLONDEL T., DE BROIN F. & SECRÉTAN S. (1989).— Découverte de Chéloniens et de Crustacés décapodes dans le Berriasien supérieur du Jura méridional. *Revue de Paléobiologie*, Genève, volume spécial n° **3**, 39-45.
- BOISSEAU T. (1987).— La plate-forme jurassienne et sa bordure subalpine au Berriasien – Valanginien (Chartreuse – Vercors). Analyse et corrélations avec les séries de bassin. *Thèse Univ. Grenoble*, (inédite), 413 p.
- BOLLIGER W. & BURRI P. (1970).— Sedimentologie von Shelf Carbonaten und Beckenablagerungen im Oxfordien des Zentralen Schweizer Jura. *Beitr. geol. Karte Schweiz* (n. s.), **140**, 1-96.
- BONAPARTE J.F. (1979).— Dinosaurs: A Jurassic Assemblage from Patagonia. *Science*, Washington, **205/4413**, 1377-1379.
- BONAPARTE J.F. (1981).— Inventario de los vertebrados jurásicos de América del Sur. In : Volkheimer, W. & Musacchio, E.A. (eds.), *Cuencas Sedimentarias del Jurásico y Cretácico de América del Sur*, Buenos Aires, **2**, 662-683.
- BONTE A. (1943).— Age et structure du gisement de lignite du Grand-Denis (Doubs). *C. R. somm. Soc. géol. France*, p. 174-176.
- BONTE A. & MARIE P. (1944).— Nouvelles observations sur la structure du gisement de lignite du Grand-Denis (Doubs). *C. R. somm. Soc. géol. France*, p. 144-145.
- BOURDON M. (1957).— Utilisation de l'acide acétique dans la désagrégation des roches dures. *Rev. Inst. Français Pétrole*, Paris, **12/1**, 14-15.
- BOURDON M. (1962).— Méthode de dégagement des microfossiles par acétolyse à chaud. *C. R. somm. Soc. géol. France*, p. 267-268.
- BOURROUILH-LE JAN F.G. (1978).— Rôle des ouragans et des cyclones tropicaux sur la sédimentation carbonatée : la plaine d'estran de l'Ouest d'Andros (Bahama). Interférences de la climatologie, de l'hydrologie et de la diagénèse. *C. R. Acad. Sci.*, Paris, série D, **287**, 907-910.
- BOURROUILH-LE JAN F.G. (1980).— Hydrologie des nappes d'eau superficielles de l'île d'Andros, Bahama. Dolomitisation et diagénèse de plaine d'estran en climat tropical humide. *Bull. Centres Rech. Explor.-Prod. Elf-Aquitaine*, Pau, **4/2**, 660-707.
- BRENNER P., GELDMACHER W. & SCHROEDER R. (1974).— Ostrakoden und Alter der Plattenkalke von Rubies (Sierra de Monsech, Prov. Lérida, NE-Spanien). *N. Jb. Geol. Paläont. Mh.*, Stuttgart, **9**, 513-524.
- BRENNER P. (1976).— Ostracoden und Charophyten des spanischen Wealden (Systematik, Ökologie, Stratigraphie, Paläogeographie). *Palaeontographica*, Stuttgart, A, **152/4-6**, 113-201.
- BREUER R. (1988).— Zur taxonomischen Gliederung der Familie Porocaraceae (Charophyta). *Paläont. Z.*, Stuttgart, **62/1-2**, 3-10.
- BRÖNNIMANN P. (1955).— Microfossils *incertae sedis* from the Upper Jurassic and Lower Cretaceous of Cuba. *Micropaleontology*, New York, **1/1**, 28-51.
- BRÖNNIMANN P. (1966).— *Pseudotextulariella courtionensis*, n. sp., from the Valanginian of well Courtion 1, Canton of Fribourg, Switzerland. *Archives des Sciences*, Genève, **19/3**, 265-278.
- BRÖNNIMANN P. (1967).— Re-examination of the morphology of *Nautiloculina oolithica* MOHLER, 1938. *C. R. Soc. Phys. Hist. Nat.*, Genève, (n. s.), **2/1**, 48-61.
- BRÜCKNER W. & PIA J.V. (1935).— Characeenreste im unteren Teil des Zementsteinschichten (Oberer Malm) der Griesstock-Decke am Klausenpass (Kt. Uri). *Eclogae geol. Helv.*, Basel, **28**, 115-121.
- BUCH L. VON (1803).— Sur le Jura. In : *Gesammelte Schriften*, I, (1867), p. 592-594. *G. Reimer Verlag, Berlin*.
- BUFFETAUT E. & LE LOEUFF J. (1991).— Late Cretaceous dinosaur faunas of Europe: some correlation problems. *Cretaceous Research*, London, **12/2**, 159-176.
- BUFFETAUT E. (1994).— Les Dinosaures. In : *Que sais-je? Presses Univ. France, Paris*, 127 p.
- BULLE J., MARTIN J. & ROLLET M. (1965).— Découverte de niveaux à Characées à la base des marnes séquanienues du faisceau bisontin. *C. R. Acad. Sci.*, Paris, sér. D, **260/9**, 2548-2549.
- BULLE J., MARTIN J. & ROLLET M. (1968).— Données actuelles sur les indices d'influence continentale dans le Jurassique supérieur du Jura. *Bull. Soc. géol. France*, (7), **10**, 370-375.
- BULOT L. (1992).— Les Olcostephaninae valanginiens et hauteriviens (Ammonitina, Cephalopoda) du Jura franco-suisse : systématique et intérêt biostratigraphique. *Revue de Paléobiologie*, Genève, **11/1**, 149-166.
- BULOT L. (1995).— Les formations à ammonites du Crétacé inférieur du Sud-Est de la France (Berriasien à Hauterivien) : biostratigraphie, paléontologie et cycles sédimentaires. *Thèse Univ. Grenoble* (inédite), 396 p.
- BURNE R.V., BAULD J. & DE DEKKER P. (1980).— Saline lake charophytes and their geological significance. *J. sed. Petrol.*, Tulsa, **50/1**, 281-293.
- BURRI F. (1956).— Die Rynchonelliden der Unteren Kreide (Valanginien – Barrémien) im Westschweizerischen Jura. *Eclogae geol. Helv.*, Basel, **49/2**, 599-702.
- BUTLER R.W.H. (1992).— Structural evolution of the western Chartreuse fold and thrust system, NW French Subalpine chains. In : Mc Clay, K.R. (ed.): *Thrust Tectonics*, p. 287-298. *Chapman & Hall, London*, 447 p.
- CABRAL M.C. & COLIN J.P. (2002).— Taxonomie et paléoécologie de nouveaux ostracodes limniques Candonidae dans l'Oxfordien

- (Jurassique supérieur) du Portugal. *Geodiversitas*, Paris, **24/1**, 61-76.
- CANÉROT J. & MOULLADE M. (1971).— Le Valanginien à faciès marin dans le Maestrazgo (Provinces de Castellon, Tarragona, Teruel – Espagne). Etude particulière des Orbitolinidae *Valdanchella* n. gen., *Paracoskinolina pfenderae* n. sp. *Archives des Sciences*, Genève, **24/2**, 207-218.
- CARBONEL P. (1988).— Ostracods and the transition between fresh and salinewaters. In: De Dekker, P., Colin, J.P. & Peypouquet, J.P. (eds.): *Ostracoda in the Earth Sciences*, p. 157-173. *Ed. Elsevier, Amsterdam*.
- CARBONEL P., COLIN J.P., DANIELOPOL D.L., LÖFFLER H. & NEUSTRUEVA I. (1988).— Paleocology of limnic ostracodes: a review of some major topics. *Palaeogeogr. Palaeoclimatol. Palaeoecol.*, Amsterdam, **62**, 413-461.
- CARBONEL P. & TÖLDERER-FARMER M. (1988).— The ostracod carapace as a hydrochemical source of information at water-sediment interface. In: Hanai, T., Ikeya, N. & Ishizaki, K. (eds.), *Evolutionary Biology of Ostracoda*, p. 341-352. *Elsevier/Kodansha, Amsterdam-Tokyo*.
- CARON J.M., GAUTHIER, A., SCHAAF A., ULYSSE J. & WOZNIAK J. (1992).— Comprendre et enseigner la planète Terre. *Ed. Ophrys, Paris*, 271 p.
- CAROZZI A. (1946).— Sur quelques Dasycladacées du Purbeckien du Jura. *C. R. Phys. Hist. Nat.*, Genève, **63**, 24-26.
- CAROZZI A. (1948).— Etude stratigraphique et micrographique du Purbeckien du Jura suisse. *Archives des Sciences*, Genève, **1/1**, 211-375.
- CAROZZI A. (1955).— Dasycladacées du Jurassique supérieur du bassin de Genève. *Eclogae geol. Helv.*, Basel, **48/1**, 31-69.
- CASEY R. (1974).— The ammonite succession at the Jurassic-Cretaceous boundary in eastern England. In: Casey R. & Rawson, P.F. (eds.), *The Boreal Cretaceous*, p. 193-266. *Seel House Press, Liverpool*.
- CASEY R., MESEZHNIKOV M.S. & SHULGINA N.I. (1977).— (en russe) Correlation of the Jurassic and Cretaceous boundary deposits of England, the Russian Platform, the Subpolar Urals and Siberia. *Izv. Akad. Nauk. SSSR*, Moscou, sér. Geol., **7**, 14-33.
- CASTEL M. & GRAMBAST L. (1969).— Charophytes de l'Eocène des Corbières. *Bull. Soc. géol. France*, (7), **11**, 936-943.
- CHABRIER G. & FOURCADE E. (1975).— Sur le Crétacé du Nord-Ouest de la Sardaigne (présence de Valanginien à faciès pyrénéo-provençal). *C. R. Acad. Sci.*, Paris, sér. D, **280**, 563-566.
- CHABRIER G., FOURCADE E. & JAFFREZO M. (1975).— Sur le Crétacé du Sud-Ouest de la Sardaigne. *C. R. somm. Soc. géol. France*, p. 131-134.
- CHAROLLAIS J., BRÖNNIMANN P. & ZANINETTI L. (1966).— Troisième note sur les foraminifères du Crétacé inférieur de la région genevoise. Remarques stratigraphiques et description de *Pseudotextulariella salevensis*, n. sp., *Haplophragmoides joukowskyi*, n. sp., *Citaella ? favrei*, n. sp. *Archives des Sciences*, Genève, **19/1**, 23-48.
- CHAROLLAIS J., MOULLADE M., OERTLI H.J. & RAPIN F. (1977).— Découverte de microfaunes de l'Albien moyen et supérieur dans la Vallée de Joux (Jura vaudois, Suisse). *Geobios*, Lyon, **10/5**, 683-695.
- CHAROLLAIS J., ARNAUD-VANNEAU A., BUSNARDO R., CLAVEL B., DONZE P., FAUCONNIER D., MANIVIT H., OERTLI H.J., SEPTFONTAINE M., STEINHAUSER N. & STRASSER A. (1981).— Livret-guide du groupe français du Crétacé, réunion en Haute-Savoie du 25-27 mai 1981. *Publ. Dépt. Géol. Paléont. Univ. Genève*, série Guide géol. n° **1**, 169 p.
- CHAROLLAIS J., CLAVEL B., SCHROEDER R., BUSNARDO R. & HORISBERGER P. (1994).— Calcaires urgoniens et Grès verts jurassiens et delphino-helvétiques. Mise en évidence de l'émersion post-urgonienne et de la lacune du Barrémien – Bédoulien inférieur/moyen dans le Jura neuchâtelois. *Publ. Dépt. Géol. Paléont. Univ. Genève*, **14**, 57-80.
- CHAROLLAIS J., CLAVEL B., SCHROEDER R., BUSNARDO R., CHERCHI A., MASSERA M., MÜLLER A., ORSAT V. & ZANINETTI L. (2001).— Installation et évolution de la plate-forme urgonienne du Jura aux chaînes subalpines septentrionales (Bornes, Bauges, Chartreuse) Suisse, France. *Archives des Sciences*, Genève, **54/3**, 139-169.
- CHARRIÈRE A., DÉPÊCHE F., FEIST M., GRAMBAST-FESSARD N., JAFFREZO M., PEYBERNÈS B. & RAMALHO M. (1994).— Microfaunes, microfiores et paléoenvironnements successifs dans la Formation d'El Mers (Bathonien-? Callovien) du synclinal de Skoura (Moyen-Atlas, Maroc). *Geobios*, Lyon, **27/2**, 157-174.
- CHAUVE P., ENAY R., FLUCK P. & SITTLE C. (1980).— L'Est de la France (Vosges, Fossé Rhénan, Bresse, Jura). *Ann. Sci. Univ. Besançon, Géologie 4^{ème} série*, **1**, 3-80.
- CHEN P.J. (1983).— A Survey of the Non-marine Cretaceous in China. *Cretaceous Research*, London, **4/2**, 123-143.
- CHEN P.J. & CHANG Z. (1994).— Nonmarine Cretaceous of eastern China. *Cretaceous Research*, London, **15/3**, 245-257.
- CHERCHI A., DE CASTRO P. & SCHROEDER R. (1978).— Sull'età dei livelli a Orbitolinidi della Campania e delle Murge baresi (Italia meridionale). *Boll. Soc. Natur. Napoli*, **87**, 363-385.
- CHERCHI A., GUSC I., SCHMIDT M. & SCHROEDER R. (1981).— Lacustrine Middle Cretaceous with *Munieria grabasti sarda* n. ssp. (Charophyta?) of Alghero (NW Sardinia). *Rev. Micropaléont.*, Paris, **23/3-4**, 138-150.
- CHEVALLIER T. & STRASSER A. (1985).— Dépôt de plaine d'estran dans le Portlandien de la montagne de Parves (Jura méridional, Ain, France). *Eclogae geol. Helv.*, Basel, **78/2**, 287-298.
- CHEVALLIER T. (1987).— La séquence ptérocérienne (Kimméridgien *pars*) dans le Jura français : Formations et stratigraphie; paléogéographie. *Bull. Soc. Naturalistes et Archéologues de l'Ain*, (n. s.), **7**, 63-81.
- CHEVALLIER T. (1989).— Les formations carbonatées de la séquence ptérocérienne (Kimméridgien *pars*) dans le Jura français et les régions voisines. *Cahiers Inst. Catholique Lyon, série Sciences* n° **2**, 194 p.
- CHOFFAT P. (1885).— Note sur les niveaux coralliens dans le Jura. *Bull. Soc. géol. France*, (3), **13**, 869-873.
- CHRISTENSEN BRUUN O. (1963).— Ostracods from the Purbeck-Wealden Beds in Bornholm. *Geol. Surv. Denmark*, ser. II, **86**, 1-58.
- CHRISTENSEN BRUUN O. (1968).— Some deposits and microfaunas from the Upper Jurassic in Scania. *Sveriges geol. Under.*, Stockholm, ser. C, **632**, 1-4.
- CHRISTENSEN BRUUN O. (1974).— Marine communications through the Danish Embayment during uppermost Jurassic and lowermost Cretaceous. *Geoscience and Man*, Baton Rouge (Louisiana), **6**, 99-115 (vol. Ostracoda "the Henry V. HOWE Memorial Volume").
- CLAEYS P., SMIT J., MONTANARI A. & ALVAREZ W. (1998).— L'impact de Chicxulub et la limite Crétacé-Tertiaire dans la région du golfe du Mexique. *Bull. Soc. géol. France*, **169/1**, 3-9.
- CLAVEL B., CHAROLLAIS J., BUSNARDO R. & LE HÉGARAT G. (1986).— Précisions stratigraphiques sur le Crétacé basal du Jura méridional. *Eclogae geol. Helv.*, Basel, **79/2**, 319-341.
- CLEMENS W.A. (1980).— Rhaeto-liassic Mammals from Switzerland and West Germany. *Zitteliana*, München, **5**, 51-92, pl. 10-12.
- CLEMENTS R.G. (1973).— On *Timiriasevia punctata* CLEMENTS sp. nov. *A Stereo-Atlas of Ostracod Shells*, Leicester, **1/13**, 69-76.
- CLEMENTS R.G. (1974).— On *Timiriasevia mackerrowi* BATE. *A Stereo-Atlas of Ostracod Shells*, Leicester, **2/20**, 117-124.
- COLIN J.P. & DANIELOPOL D.L. (1980).— Sur la morphologie, la systématique, la biogéographie et l'évolution des ostracodes Timiriaseviinae (Limnocytheridae). *Paléobiol. continent.*, Montpellier, **11/1**, 1-51.

- COLIN J.P., FEIST M., GRAMBAST-FESSARD N., CHERCHI A. & SCHROEDER R. (1984).— Charophytes and ostracods from the Berriasian (Purbeckian facies) of Cala d'Inferno (Nurra Region, NW-Sardinia). *Boll. Soc. paleont. Ital.*, Modena, **23/2**, 345-354.
- COLIN J.P. & OERTLI H.J. (1985).— Purbeckien. In : Oertli, H.J. (ed.), Atlas des Ostracodes de France, p. 147-161. *Bull. Centres Rech. Explor.-Prod. Elf-Aquitaine*, Pau, mémoire 9.
- COLIN J.P. & LETHIERS F. (1988).— The Importance of Ostracods in Biostratigraphic Analysis. In: De Dekker, P., Colin, J.P. & Peypouquet, J.P. (eds.): Ostracoda in the Earth Sciences, p. 27-45. *Ed. Elsevier, Amsterdam*.
- COLIN J.P. (1997).— Les ostracodes limniques du Jurassique européen. In : Cariou, E. & Hantzpergue, P. (eds.), Biostratigraphie du Jurassique ouest-européen et méditerranéen, p. 273-279. *Bull. Centre Rech. Elf Explor. Prod.*, Pau, mémoire 17.
- COLLET L.W. & CAROZZI A. (1947).— Sur la découverte de débris de Characées dans les brèches du Malm supérieur du Mont-Ruan (Nappe de Morcles). *C. R. Soc. Phys. Hist. Nat.*, Genève, **64**, 10-12.
- COMBES P.J. (1969).— Recherches sur la genèse des bauxites dans le nord-est de l'Espagne, le Languedoc et l'Ariège (France). *Mémoire C.E.R.G.H.*, Montpellier, **3-4**, 375 p.
- COMBES P.J., GLAÇON G. & GRAMBAST L. (1966).— Observations stratigraphiques et paléontologiques sur le Crétacé inférieur du Nord-Est du Maestrazgo (Espagne). *C. R. somm. Soc. géol. France*, **10**, 390-391.
- COMBES P.J., FOURCADE E., MASSE J.P. & PHILIP J. (1981).— Observations stratigraphiques et paléontologiques sur le Crétacé de la zone du Parnasse (Grèce). *Travaux du comité international pour l'étude des bauxites, de l'alumine et de l'aluminium*, (11), **16**, 347-365. ICSOBA-AIM Conference, Cagliari, 1979. *Ed. Acad. yougoslave des Sciences et des Arts, Zagreb*.
- CONRAD M.A. (1969).— Les calcaires urgoniens de la région entourant Genève. *Eclogae geol. Helv.*, Basel, **62/1**, 1-79.
- CONRAD M.A. & RADOICIC, R. (1971).— On *Munieria baconica* DEECKE (Characeae) and *Clypeina ? solkani*, n. sp. (Dasycladaceae). A case of homeomorphism in calcareous green Algae. *C. R. Soc. Phys. Hist. Nat.*, Genève, (n. s.), **6/2-3**, 87-95.
- CONRAD M.A., PRATURLON A. & RADOICIC R. (1974).— The genus *Actinoporella* GUEMBEL in ALTH 1882, Dasycladales, green Algae. A revision. *Geol. Romana*, Roma, **13**, 1-15.
- CONTEJEAN C. (1859).— Etude de l'étage Kimméridgien dans les environs de Montbéliard et dans le Jura. In : *Mém. Soc. Emul. (Dépt) Doubs*, (3), **4**, (1858).
- CONTINI D. & ROLLET A. (1970).— Sur quelques Térébratules du Bajocien supérieur et du Bathonien inférieur. *Ann. Sci. Univ. Besançon, Géologie 3^e série*, **9**, 28-44.
- CORILLION R. (1957).— Les Charophycées de France et d'Europe occidentale. *Bull. Soc. Sci. Bretagne*, Rennes, **32** (publ. hors série 1) ; *Trav. Lab. bot. Fac. Sci. Angers*, **11-12**, 499 p.
- CORILLION R. (1975).— Flore de Charophytes (Characées) du Massif armoricain et des contrées voisines d'Europe occidentale. In : Flore et végétation du Massif armoricain 4. *Ed. Jouve, Paris*, 215 p.
- CORILLION R. & GUERLESQUIN M. (1972).— Recherches sur les Charophycées d'Afrique Occidentale (Systématique, Ecologie et Phytogéographie, Cytologie). *Bull. Soc. Sci. Bretagne*, Rennes, **47** (h. s.), 169 p.
- COURTINAT B. (1989).— Les organoclastes des formations lithologiques du Malm dans le Jura méridional. Systématique, biostratigraphie et éléments d'interprétation paléocéologique. *Doc. Lab. Géol. Fac. Sci. Lyon*, **105**, 361 p.
- CURRIE P.J. & PADIAN K. (eds.) (1997).— Encyclopedia of Dinosaurs. *Academic Press, San Diego*, 869 p.
- CUVIER G. (1850).— Discours sur les révolutions du globe. *Libr. Firmin Didot Frères, Paris*, 276 p.
- CUVILLIER J., FOURY G. & PIGNATTI MORANO A. (1968).— Foraminifères nouveaux du Jurassique supérieur du Val Cellina (Frioul occidental, Italie). *Geol. Romana*, Roma, **7**, 141-156.
- DAMOTTE R. (1976).— Sur les genres crétacés *Rehacythereis*, *Veniacythereis*, *Cornicythereis*, *Parvacicythereis* et *Chapmanicythereis* (Trachyleberididae, Ostracoda) créés par J. Gruendel en 1973. *Rev. Micropaléont.*, Paris, **19/4**, 200-210.
- DANIELOPOL D.L. (1987).— Humanist attitudes in natural science research. *Geobios*, Lyon, **20/4**, 537-539.
- DARSAC C. (1983).— La plate-forme berriaso-valanginienne du Jura méridional aux massifs subalpains (Ain, Savoie). *Thèse Univ. Grenoble* (inédate), 319 p.
- DARWIN Ch. (1859).— On the origin of species by means of natural selection, or the preservation of favored races in the struggle for life. *Ed. John Murray, London*, 502 p.
- DAUWALDER P. & REMANE J. (1979).— Etude du banc à Nérinées à la limite "Kimmeridgien-Portlandien" dans le Jura Neuchâtelois méridional. *Paläont. Zeitsch.*, Stuttgart, **53/3-4**, 163-181.
- DAVAUD E., STRASSER A. & CHAROLLAIS J. (1983).— Présence d'horizons calcrétisés dans le Purbeckien du Jura méridional : extension spatiale et conséquences paléogéographiques. *C. R. Acad. Sci.*, Paris, sér. II, **296**, 575-578.
- DAVAUD E. (1985).— Les récifs coralliens fossiles et leur importance pétrolière. *Cahiers Fac. Sci. Univ. Genève*, **12**, 23-33.
- DEBRÉ M. (1976).— La langue française et la science universelle. *La Recherche*, Paris, **7/72**, p. 956.
- DECONINCK J.F. & STRASSER A. (1987).— Sedimentology, clay mineralogy and depositional environment of Purbeckian green marls (Swiss and French Jura). *Eclogae geol. Helv.*, Basel, **80/3**, 753-772.
- DE DEKKER P. & FORESTER R.M. (1988).— The Use of Ostracods to Reconstruct Continental Palaeoenvironmental Records. In: De Dekker, P., Colin, J.P. & Peypouquet, J.P. (eds.): Ostracoda in the Earth Sciences, p. 175-199. *Ed. Elsevier, Amsterdam*.
- DELAMETTE M. (1988).— L'évolution du domaine helvétique (entre Bauges et Morcles) de l'Aptien supérieur au Turonien : séries condensées, phosphorites et circulations océaniques (Alpes occidentales franco-suissees). *Publ. Dépt. Géol. Paléont. Univ. Genève*, **5**, 316 p.
- DELAMETTE M., CHAROLLAIS J., DECROUEZ D. & CARON M. (1997).— Les Grès verts helvétiques (Aptien moyen – Albien supérieur) de Haute-Savoie, Valais et Vaud (Alpes occidentales franco-suissees). Analyse stratigraphique et inventaire paléontologique. *Publ. Dépt. Géol. Paléont. Univ. Genève*, **23**, 400 p.
- DELANCE J.H. (1974).— *Meyendorffina* et *Orbitammina* dans les calcaires de Comblanchien au Sud-Ouest de Dijon. *Rev. Micropaléont.*, Paris, **7/3**, 219-222.
- DELFAUD J. (1986).— Organisation scalaire des événements sédimentaires majeurs autour de la Mésogée durant le Jurassique et le Crétacé. Conséquences pour les associations biologiques. In : Modifications biologiques – Evénements géologiques, p. 509-535. *Bull. Centres Rech. Explor.-Prod. Elf-Aquitaine*, Pau, **10/2**, 606 p.
- DÉPÊCHE F. (1969).— Etude micropaléontologique du Bathonien des Causses du Quercy (région de Cajarc). *Rev. Micropaléont.*, Paris, **11/4**, 210-216.
- DÉPÊCHE F. (1984).— Les Ostracodes d'une plate-forme continentale au Jurassique : recherches sur le Bathonien du Bassin parisien. *Thèse Univ. Paris VI* (inédate), 419 p.
- DÉPÊCHE F. (1985).— Lias supérieur, Dogger, Malm. In : Oertli, H.J. (ed.), Atlas des Ostracodes de France, p. 119-145. *Bull. Centres Rech. Explor.-Prod. Elf-Aquitaine*, Pau, mémoire 9.
- DEROO G. (1956).— Etude critique au sujet des Ostracodes marins du Crétacé inférieur et moyen de la Champagne Humide et du Boulonnais. *Rev. Inst. français du Pétrole*, **11**, 1499-1545.

- DESOR E. (1854).— Quelques notes sur l'étage inférieur du groupe néocomien (Etage Valanginien). *Bull. Soc. neuchât. Sci. nat.*, Neuchâtel, **3**, 172-180.
- DESOR E. (1864).— Sur l'étage Dubisien. *Bull. Soc. neuchât. Sci. nat.*, Neuchâtel, **6**, 544-545.
- DESOR E. & GRESSLY A. (1859).— Etudes géologiques sur le Jura neuchâtelois. *Bull. Soc. neuchât. Sci. nat.*, Neuchâtel, **4**, 1-159.
- DÉTRAZ H. (1989).— Évolution paléogéographique de la marge jurassienne de la Téthys entre Chartreuse et Morcles (Alpes occidentales franco-suisse et Jura méridional) du Tithonique au Valanginien : tectonique synsédimentaire et eustatisme. *Publ. Dépt. Géol. Paléont. Univ. Genève*, **7**, 227 p.
- DÉTRAZ H. & STEINHAUSER N. (1988).— Le bassin delphino-helvétique savoyard et sa marge jurassienne sous contrôle tectonique entre le Kimméridgien et le Valanginien. *Eclogae geol. Helv.*, Basel, **81/1**, 125-154.
- DÉTRAZ H. & MOJON P.O. (1989).— Evolution paléogéographique de la marge jurassienne de la Téthys du Tithonique-Portlandien au Valanginien : corrélations biostratigraphique et séquentielle des faciès marins à continentaux. *Eclogae geol. Helv.*, Basel, **82/1**, 37-112.
- DETMANN M.E., MOLNAR, R.E., DOUGLAS J.G., BURGER D., FIELDING C., CLIFFORD H.T., FRANCIS J., RICH T., JELL P., WADE M., RICH P.V., KEMP A., ROZEFELDS A. & PLEDGE N. (1992).— Australian Cretaceous terrestrial faunas and floras: biostratigraphic and biogeographic implications. *Cretaceous Research*, London, **13/3**, 207-262.
- DEVILLE Q. (1988).— Analyse sédimentologique et séquentielle des terrains les plus anciens du Salève : les traces d'un récif à la base (?) du Kimméridgien. *Archives des Sciences*, Genève, **41/1**, 65-84.
- DEVILLE Q. (1990).— Chronostratigraphie et lithostratigraphie synthétique du Jurassique supérieur et du Crétacé inférieur de la partie méridionale du Grand-Salève (Haute-Savoie, France). *Archives des Sciences*, Genève, **43/1**, 215-235.
- DEYING S. (1987).— The nonmarine Cretaceous Ostracoda fauna from eastern China. In: *Int. Symp. Shallow Tethys 2* (Wagga Wagga, Sept. 1986), p. 287-302. *Ed. Balkema, Rotterdam*.
- DIETZ R.S. & HOLDEN J.C. (1970).— Reconstruction of Pangea: Breakup and Dispersion of Continents, Permian to Present. *Journ. Geophys. Res.*, Washington D.C., **75/26**, 4939-4956.
- DOBZHANSKY T. (1970).— Genetics of the evolutionary process. *Columbia Univ. Press, New York, London*, 505 p. Génétique du processus évolutif, trad. française de Y. Guy, *Flammarion* (Paris), 583 p. (1977).
- DONZE P. (1951).— Présence de calcaires lacustres dans le Virgulien de la Montagne-de-l'Épine (Jura méridional). *C. R. somm. Soc. géol. France*, p. 297-298.
- DONZE P. (1955).— Nouvelles espèces de Charophytes de la limite jurassico-crétacée du Jura, des Alpes-Maritimes et de la Provence. *Bull. Soc. géol. France*, (6), **5**, 287-290.
- DONZE P. (1958).— Les couches de passage du Jurassique au Crétacé dans le Jura français et sur les pourtours de la "fosse vocontienne". *Trav. Lab. Géol. Fac. Sci. Lyon*, (n. s.), **3**, 221 p.
- DONZE P. (1960).— Les formations du Jurassique terminal dans la partie nord-ouest de l'île d'Oléron (Charente-Maritime). *Trav. Lab. Géol. Fac. Sci. Lyon*, (n. s.), **5**, 1-30.
- DONZE P. (1964).— Ostracodes berriasiens des massifs subalpins septentrionaux (Bauges et Chartreuse). *Trav. Lab. Géol. Fac. Sci. Lyon*, (n. s.), **11**, 103-160.
- DONZE P. (1965).— Espèces nouvelles d'ostracodes des Couches de base du Valanginien de Berrias (Ardèche). *Trav. Lab. Géol. Fac. Sci. Lyon*, (n. s.), **12**, 87-107.
- DONZE P. (1967).— Deux espèces nouvelles d'ostracodes du Crétacé inférieur vocontien. *Trav. Lab. Géol. Fac. Sci. Lyon*, (n. s.), **14**, 63-67.
- DONZE P. (1968).— Espèces nouvelles d'ostracodes du Crétacé inférieur vocontien. *Geobios*, Lyon, **1**, 71-80.
- DONZE P. (1969).— Sur la présence d'un niveau d'émersion à *Cypridea* dans le Valanginien inférieur du flanc Est de la Montagne du Grand-Colombier (Jura méridional). *C. R. somm. Soc. géol. France*, p. 8-9.
- DONZE P. (1973a).— Coupe B. I-1 : "Purbeckien" de la Cluse de Chailles, p. 126-130. Coupe B. I-2 : Berriasien du Molard de Vions, p. 130-133. Coupe B. I-3 : Kimméridgien supérieur à Berriasien supérieur dans la Cluse du Fier, p. 133-138. In : *Livret-guide des excursions du Colloque sur la limite Jurassique-Crétacé* (Lyon-Neuchâtel, 1973). *Doc. Lab. Géol. Fac. Sci. Lyon*, volume hors série n° **1**, 153 p.
- DONZE P. (1973b).— Corrélations stratigraphiques dans le Berriasien-Valanginien inférieur du Sud-Est de la France, sur la base de nouveaux *Trachyleberidinae* (Ostracodes). Remarques paléocéologiques. *Doc. Lab. Géol. Fac. Sci. Lyon*, **57**, 1-13.
- DONZE P. (1975).— Espèces nouvelles d'ostracodes du genre *Protocythere* TRIEBEL, 1938, dans le Berriasien du Sud-Est de la France. Répartition stratigraphique. *Rev. esp. Micropaleont.*, numéro spécial, 97-106.
- DONZE P. (1976).— Répartition stratigraphique des espèces du genre *Protocythere* TRIEBEL 1938 (ostracode), dans le Valanginien de la région de Chabrières (Alpes de Haute-Provence). *Rev. Micropaleont.*, Paris, **19/1**, 19-26.
- DONZE P. & GREKOFF N. (1953).— Une coupe de Purbeckien dans la région du Poizat (Jura méridional). *C. R. somm. Soc. géol. France*, p. 265-267.
- DONZE P., DREYFUSS M. & FRANÇOIS S. (1957).— Nouvelles observations dans le synclinal des Uziers (Feuille de Pontarlier au 50.000^e). *Bull. Carte géol. France*, **55/252B**, 151-152.
- DONZE P. & LE HÉGARAT G. (1965).— Les dépôts de la limite Berriasien – Valanginien dans le stratotype du Berriasien à Berrias (Ardèche) et dans la région avoisinante. *C. R. Acad. Sci.*, Paris, **260**, 3707-3709.
- DONZE P. & LE HÉGARAT G. (1966).— Les dépôts de la limite Berriasien – Valanginien dans le Nord de l'Ardèche sédimentaire. *C. R. Acad. Sci.*, Paris, série D, **262**, 610-612.
- DONZE P. & THIEULOY J.P. (1975).— Sur l'extrême condensation du Valanginien supérieur dans le Jura neuchâtelois, en particulier dans le stratotype de Valangin, et sa signification dans l'ensemble des formations valanginiennes du Sud-Est de la France. *C. R. Acad. Sci.*, Paris, série D, **280/3**, 1661-1664.
- DÖRHÖFER G. (1977).— Palynologie und Stratigraphie der Bückeberg-Formation (Berriasium-Valanginium) in der Hilsmulde (NW-Deutschland). *Geol. Jb.*, Hannover, A, **42**, 3-122.
- DÖRHÖFER G. & NORRIS G. (1977a).— Palynostratigraphische Beiträge zur Korrelierung jurassisch-kretazischer Grenzschichten in Deutschland und England. *Neues Jahrbuch Geol. Paläont. Abh.*, Stuttgart, **153**, 50-69.
- DÖRHÖFER G. & NORRIS G. (1977b).— Discrimination and correlation of highest Jurassic and lowest Cretaceous terrestrial palynofloras in North-West Europe. *Palynology*, Austin, **1**, 79-93.
- DUBOIS A. (1968).— Observations sur la morphologie et la biologie des formes naines de *Lamprothamnium papulosum* J. GROVES (Characées). *Naturalia Monspelienisa*, Montpellier, sér. Botanique, **19**, 37-41.
- DUNHAM R.J. (1962).— Classification of carbonate rocks according to depositional texture. In: Ham, W.E. (ed.): *Classification of carbonate rocks. Mém. Amer. Assoc. Petrol. Geol.*, Tulsa, **1**, 108-121.
- DURAND A. (1932).— L'Étage kimméridgien dans les Départements de la Meuse et de la Haute-Marne. *Bull. Soc. géol. France*, (5), **2**, 293-335.
- ELDREDGE N. (1971).— The allopatric model of phylogeny in Paleozoic Invertebrates. *Evolution*, Lancaster (Penn.), **25**, 156-167.
- ELDREDGE N. & GOULD S.J. (1972).— Punctuated equilibria: an alternative to phyletic gradualism. In: Schopf, T.J.M. (ed.) :

- Models in Paleobiology, p. 82-115. *Freeman, Cooper and Co., San Francisco.*
- ENAY R. (1965).— Les formations coralliennes de Saint-Germain-de-Joux (Ain). *Bull. Soc. géol. France*, (7), 7, 23-31.
- ENAY R. (1966).— Le genre *Gravesia* (*Ammonitina* jurassique) dans le Jura français et les Chaînes subalpines. *Ann. Paléont.*, Paris, **42**, 95-105.
- ENAY R. (1980).— Indices d'émersion et d'influences continentales dans l'Oxfordien supérieur-Kimméridgien inférieur en France. Interprétation paléogéographique et conséquences paléobiogéographiques. *Bull. Soc. géol. France*, (7), **22**, 581-590.
- ENAY R. (2000).— Recalage biostratigraphique et nouvelle datation de surfaces d'émersion du Kimméridgien-Tithonien dans le Jura méridional et conséquences sur leur interprétation séquentielle. *Bull. Soc. géol. France*, **171/6**, 665-671.
- ENAY R., BERNIER P. & CONTINI D. (1984).— Haute-Saône et Jura. In : Debrand-Passard, S. (ed.) : Synthèse géologique du Sud-Est de la France, p. 242-247. *Mém. Bur. Rech. Géol. Min.*, Orléans, **125**, 615 p. (volume 1) et **126** (volume 2, Atlas).
- ENAY R., CONTINI D. & BOULLIER A. (1988).— Le Séquanien-type de Franche-Comté (Oxfordien supérieur) : datations et corrélations nouvelles, conséquences sur la paléogéographie et l'évolution du Jura et régions voisines. *Eclogae geol. Helv.*, Basel, **81/2**, 295-363.
- ENAY R. & BOULLIER A. (2000).— Première datation par ammonite et brachiopodes du Tithonien au Salève (Haute-Savoie, France), conséquences sur l'interprétation stratigraphique et paléogéographique du Jurassique supérieur. *Bull. Soc. géol. France*, **171/6**, 673-680.
- EREZ J. (1978).— Vital effect on stable-isotope composition seen in foraminifera and coral skeletons. *Nature*, London, **273**, 199-202.
- FAUVEL P.J., MÉGNIE C. & MÉGNIE F. (1980).— Valanginien. In : Mégnien, C. (ed.) : Synthèse géologique du bassin de Paris. *Mém. Bur. Rech. Géol. Min.*, Orléans, **101**, 258-260.
- FAVRE B. (2001).— Un grand dinosaure carnivore a marché sur le Salève. *Tribune de Genève*, édition du 23 juillet 2001, p. 15.
- FEIST M. (1981).— Charophytes du Crétacé moyen et données nouvelles sur l'Évolution des Clavatoracées. *Cretaceous Research*, London, **2**, 319-330.
- FEIST M. & FREYTET P. (1983).— Conséquences stratigraphiques de la répartition des Charophytes dans le Campanien et le Maastrichtien du Languedoc. *Géologie Méditerranéenne*, Marseille, **10/3-4**, 291-301.
- FEIST M. & COLOMBO F. (1983).— La limite Crétacé - Tertiaire dans le nord-est de l'Espagne du point de vue des Charophytes. *Géologie Méditerranéenne*, Marseille, **10/3-4**, 303-326.
- FEIST M. & CUBAYNES R. (1984).— Découverte de Charophytes dans le Lias du Sud de la France. Implications palé
- FEIST M. & GRAMBAST-FESSARD N. (1982).— Clé de détermination pour les genres de Charophytes. *Paléobiologie continentale*, Montpellier, **13/2**, 1-28.
- FEIST M. & GRAMBAST-FESSARD N. (1984).— New *Porocharaceae* from the Bathonian of Europe: phylogeny and paleoecology. *Palaeontology*, London, **27/2**, 295-305.
- FEIST M. & GRAMBAST-FESSARD N. (1991).— The genus Concept in Charophyta: Evidence from Palaeozoic to Recent. In: Riding, R. (ed.): *Calcareous Algae and Stromatolites*, p. 189-203. *Springer-Verlag, Berlin-New York.*
- FEIST M., BHATIA S.B. & YADAGIRI P. (1991).— On the oldest representative of the family Characeae and its relationships with the Porocharaceae. *Bull. Soc. bot. France*, Actual. bot., (1), **138**, 25-32.
- FEIST M. & SCHUDACK M.E. (1991).— Correlation of charophyte assemblages from the nonmarine Jurassic-Cretaceous transition of NW Germany. *Cretaceous Research*, London, **12/5**, 495-510.
- FEIST M. & WANG Z. (1995).— The species concept in *Clavatoraceae* (fossil *Charophyta*) reviewed. *Taxon*, Utrecht, **44**, 351-361.
- FEIST M., LAKE R.D. & WOOD C.J. (1995).— Charophyte biostratigraphy of the Purbeck and Wealden of southern England. *Palaeontology*, London, **38/2**, 407-442.
- FEIST M. & FEIST R. (1997).— Oldest record of a bisexual plant. *Nature*, London, **385**, p. 401.
- FEUILLÉE P. & GRAMBAST L. (1961).— Présence d'*Atopochara multivolvus* PECK dans le Cénomanien d'Oña (Prov. de Burgos, Espagne). *C. R. somm. Soc. géol. France*, **7**, 202-224.
- FLANDRIN J., SCHAEER J.P., ENAY R., REMANE J. (coord.) et coll. (1975).— Colloque sur la limite Jurassique-Crétacé (Lyon-Neuchâtel, 1973). *Mém. Bur. Rech. Géol. Min.*, Paris, **86**, 393 p.
- FLÜGEL E. (1982).— Microfacies analysis of limestones. *Springer-Verlag, Berlin*, 632 p.
- FOLK R.L. (1959).— Practical petrographic classification of limestones. *Bull. Amer. Assoc. Petrol. Geol.*, Tulsa, **43/1**, 1-38.
- FORBES E. (1855).— In: C. Lyell, *Manual of Elementary Geology*, p. 294-297, 5th Edition, London.
- FOURY G. & VINCENT E. (1967).— Morphologie et répartition stratigraphique du genre *Kilianina* PFENDER (Forami-nifère). *Eclogae geol. Helv.*, Basel, **60/1**, 33-45.
- FOURCADE E. & RAOULT J.F. (1973).— Crétacé du Kef Hahouner et position stratigraphique de "*Ovalveolina*" reicheli P. DE CASTRO (série septentrionale du môle néritique du Constantinois, Algérie). *Rev. Micropaléont.*, Paris, **15/4**, 227-246.
- FRAKES L.A. & FRANCIS J.E. (1988).— A guide to Phanerozoic cold polar climates from high-latitude ice-rafting in the Cretaceous. *Nature*, London, **333/6173**, 547-549.
- FRANCIS J.E. (1983).— The dominant conifer of the Jurassic Purbeck Formation, England. *Palaeontology*, London, **26/2**, 277-294.
- FRANCIS J.E. (1984).— The seasonal environment of the Purbeck (Upper Jurassic) fossil forest. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, Amsterdam, **48**, 285-307.
- FREI E. (1925).— Zur Geologie des südöstlichen Neuenburger Jura insbesondere des Gebietes zwischen Gorges de l'Areuse und Gorges du Seyon. *Matér. Carte géol. Suisse*, (n. s.), **55/3**, 99 p.
- FURON R. (1968).— Géologie de l'Afrique. *Payot, Paris*, (3^{ème} édition) 374 p.
- FURON R. (1985a).— L'échelle stratigraphique et les déformations. In : Afrique (Structure et milieu), C : Géologie. *Encyclopaedia Universalis*, Paris, p. 417-427.
- FURON R. (1985b).— Structures géologiques de la péninsule indienne. In : Inde, A : Géographie. *Encyclopaedia Universalis*, Paris, p. 875-878.
- GALBRUN B., BERTHOU P.Y., MOUSSIN C. & AZÉMA J. (1990).— Magnétostratigraphie de la limite Jurassique-Crétacé en faciès de plate-forme carbonatée : la coupe de Bias do Norte. *Bull. Soc. géol. France*, (8), **6/1**, 133-143.
- GASPARD D. (1988).— Sellithyridinae Terebratulidae du Crétacé d'Europe occidentale. Dynamique des populations. Systématique et évolution. In : Cahiers de Paléontologie, p. 1-243. *Ed. CNRS, Paris.*
- GASSE F., FONTES J.C., PLAZIAT J.C., CARBONEL P., KACZMARSKA I., DE DEKKER P., SOULIÉ-MÄRSCH I., CALLOT Y. & DUPEUBLE P.A. (1987).— Biological remains, geochemistry and stable isotopes for the reconstruction of environmental and hydrological changes in the Holocene lakes from North Sahara. *Palaeogeogr., Palaeoclimatol., Palaeoecol.*, Amsterdam, **60**, 1-46.
- GIDON P. (1952).— Une Ammonite dans l'Urgonien de Grande-Chartreuse. *C. R. somm. Soc. géol. France*, p. 237-238.
- GIGNOUX M. & MORET L. (1952).— Géologie Dauphinoise. *Ed. Masson & Cie, Paris*, 387 p. (2^e édition).

- GIRARDIN M. (1982).— Etude du Bathonien de Haute-Saône: stratigraphie, sédimentologie, paléogéographie et synthèse géotechnique. *Thèse Univ. Dijon* (inédite), 128 p.
- GIRARDOT A. (1885).— Le Purbeckien du Pont-de-la-Chaux et du voisinage. *Bull. Soc. géol. France*, (3), **13**, 747-772.
- GOODWIN P.W. & ANDERSON E.J. (1985).— Punctuated aggradational cycles: a general hypothesis of episodic stratigraphic accumulation. *J. Geol.*, Chicago, **93**, 515-533.
- GOULD S.J. & ELDREDGE N. (1977).— Punctuated equilibria: the tempo and mode of evolution reconsidered. *Paleobiology*, Chicago, **3/2**, 115-151.
- GRADSTEIN F.M., AGTERBERG F.P., OGG J.G., HARDENBOL J., VAN VEEN P., THIERRY J. & HUANG Z. (1994).— A Mesozoic time scale. *Journ. Geophys. Res.*, Washington D.C., **99/B12**, 24.051-24.074.
- GRAMBAST L. (1958).— Etude sur les Charophytes tertiaires d'Europe occidentale et leurs rapports avec les formes actuelles. *Thèse Univ. Paris*, 2 volumes, (inédite), 273 p.
- GRAMBAST L. (1959).— Tendances évolutives dans le phylum des Charophytes. *C. R. Acad. Sci.*, Paris, **249**, 557-559.
- GRAMBAST L. (1961).— Remarques sur la systématique et la répartition stratigraphique des Characeae pré-tertiaires. *C. R. somm. Soc. géol. France*, p. 200-202.
- GRAMBAST L. (1962).— Classification de l'Embranchement des Charophytes. *Naturalia Monspeliensia*, Montpellier, série Botanique, **14**, 63-86.
- GRAMBAST L. (1964).— Sur des Charophytes remarquables du Crétacé terminal. *C. R. Acad. Sci.*, Paris, **258**, 643-646.
- GRAMBAST L. (1965).— Etat des connaissances acquises sur les Charophytes du Crétacé inférieur. In: Colloque sur le Crétacé inférieur (Lyon, 1963). *Mém. Bur. Rech. Géol. Min.*, Paris, **34**, 577-582.
- GRAMBAST L. (1966a).— Un nouveau type structural chez les Clavatoracées. Son intérêt phylogénétique et stratigraphique. *C. R. Acad. Sci.*, Paris, série D, **262/18**, 1929-1932.
- GRAMBAST L. (1966b).— Structure de l'utricule et phylogénie chez les Clavatoracées. *C. R. Acad. Sci.*, Paris, série D, **262/21**, 2207-2210.
- GRAMBAST L. (1966c).— Remarques sur le genre *Nodosoclavator* MASLOV emend. (Charophytes). *C. R. somm. Soc. géol. France*, **7**, 269-270.
- GRAMBAST L. (1967).— La série évolutive *Perimneste-Atopochara* (Charophytes). *C. R. Acad. Sci.*, Paris, série D, **264/4**, 581-584.
- GRAMBAST L. (1968).— Evolution of the utricule in the Charophyte genera *Perimneste* HARRIS and *Atopochara* PECK. *J. Linn. Bot. Soc.*, London, **61/384**, 5-11.
- GRAMBAST L. (1969).— La symétrie de l'utricule chez les Clavatoracées et sa signification phylogénétique. *C. R. Acad. Sci.*, Paris, série D, **269/9**, 878-881.
- GRAMBAST L. (1970).— Origine et évolution des *Clypeator* (Charophytes). *C. R. Acad. Sci.*, Paris, série D, **271/3**, 1964-1967.
- GRAMBAST L. (1971).— Remarques phylogénétiques et biochronologiques sur les *Septorella* du Crétacé terminal de Provence et les Charophytes associées. *Paléobiol. continent.*, Montpellier, **2/2**, 38 p.
- GRAMBAST L. (1974).— Phylogeny of the Charophyta. *Taxon*, Utrecht, **23/4**, 463-481.
- GRAMBAST L. (1975).— Charophytes du Crétacé supérieur de la région de Cuenca. *I Symposium sobre el Cretácico de la Cordillera Ibérica, Cuenca, 9-12 Septiembre 1974*, p. 67-83.
- GRAMBAST L. & LORCH J. (1968).— Une flore de Charophytes du Crétacé inférieur du Proche-Orient. *Naturalia Monspeliensia*, Montpellier, série Botanique, **19**, 47-56.
- GRAMBAST L. & GUTIÉRREZ G. (1977).— Espèces nouvelles de Charophytes du Crétacé supérieur terminal de la Province de Cuenca (Espagne). *Paléobiol. continent.*, Montpellier, **8/2**, 34 p.
- GRAMBAST-FESSARD N. (1980a).— Quelques espèces de *Clypeator* GRAMBAST (Clavatoraceae) et les Charophytes associées du Crétacé inférieur du Portugal. *Rev. Micropaléont.*, Paris, **23/1**, 37-47.
- GRAMBAST-FESSARD N. (1980b).— Description de deux espèces nouvelles d'*Atopochara* PECK (Clavatoraceae, Charophyta). *Geobios*, Lyon, **13/1**, 129-135.
- GRAMBAST-FESSARD N. (1986).— Deux nouveaux représentants du genre *Asciidiella* (Clavatoraceae, Charophyta). *Geobios*, Lyon, **19/2**, 255-260.
- GRAMBAST-FESSARD N. & RAMALHO M. (1985).— Charophytes du Jurassique supérieur du Portugal. *Rev. Micropaléont.*, Paris, **28/1**, 58-66.
- GRANIER B. (1989a).— The Case of the Genus *Radoiciciella* Dasycladalean Algae from the Tethyan Upper Jurassic and Lower Cretaceous. *Comm. Serv. Geol. Portugal*, Lisboa, **75**, 29-37.
- GRANIER B. (1989b).— *Zergabriella*, un nouveau genre d'Algue Dasycladale du Portlandien-Valanginien. *Rev. Micropaléont.*, Paris, **32/2**, 126-133.
- GRANIER B. (1989c).— Enregistrements d'événements éo-crétacés dans les sédiments des régions citrabiniques (Espagne). *C. R. Acad. Sci.*, Paris, série II, **309**, 823-828.
- GRANT V. (1971).— Plant Speciation. *Columbia Univ. Press, New York, London*, 435 p.
- GREKOFF N. (1971).— Ecologie-Base de Paléocéologie. In: Colloque sur la Paléocéologie des Ostracodes (Pau, 1970). *Bull. Centre Rech. Pau-SNPA*, **5bis**, 19-29.
- GREUTER W. et 10 co-auteurs (eds.) (1988).— Code international de la nomenclature botanique (version française). 14^e Congrès international de Botanique (Berlin, 1987). *Boissieria*, Genève, **42**, 136 p.
- GROSDIDIER E. (1964).— Quelques ostracodes nouveaux du Crétacé inférieur de Champagne Humide. III : Barrémien – Hauterivien. *Rev. Micropaléont.*, Paris, **6/4**, 223-236.
- GROVES J. (1916).— On the name *Lamprothamnus* BRAUN. *J. Bot.*, London, **54**, 336-337.
- GROVES J. (1924).— *Clavator* REID and GROVES. *Journ. Bot.*, London, **62**, 116-117.
- GRÜNDEL J. (1966).— Taxionomische, biostratigraphische und variationsstatistische Untersuchungen an den Ostracoden der Unterkreide in Deutschland. *Freib. Forschh.*, Leipzig, série C, **200**, 1-105.
- GRÜNDEL J. (1969).— Neue taxionomische Einheiten der Unterklasse *Ostracoda* (Crustacea). *N. Jb. Geol. Paläont. Mh.*, Stuttgart, **6**, 353-361.
- GRÜNDEL J. (1973).— Zur Entwicklung der Trachyleberididae (Ostracoda) in der Unterkreide und in der tieferen Oberkreide. Teil I : Taxonomie. *Z. geol. Wiss.*, Berlin, **1/11**, 1463-1474.
- GRÜNDEL J. (1974).— Zur Taxinomie und Phylogenie der Cytherettidae TRIEBEL, 1952 (Ostracoda, Crustacea). *Freib. Forschh.*, Leipzig, série C, **298**, 81-99.
- GUERLESQUIN M. (1967).— Recherches caryotypiques et cytotoxonomiques sur les Charophycées d'Europe occidentale et d'Afrique du Nord. Thèse Univ. Toulouse, *Ed. Jouve*, Paris, 265 p. *Trav. Lab. Biol. vég. Fac. Sci. Angers*, **22**, 1-225. *Bull. Soc. Sci. Bretagne*, Rennes, **41**, fasc. hors-série, 225 p.
- GUERLESQUIN M. (1987).— Recherches récentes sur les Charophycées: morphogénèse et reproduction sexuée. *Bull. Soc. bot. France*, sér. Actual. bot., (1), **134**, 17-30.
- GUILLAUME S. (1963).— Les Trocholines du Crétacé inférieur du Jura. *Rev. Micropaléont.*, Paris, **5/4**, 257-276.
- GUILLAUME S. (1966).— Le Crétacé du Jura français. *Bull. Bur. Rech. Géol. Min.*, Paris, **15**, 217 p.
- GYGI R. & PERSOZ F. (1986).— Mineralostratigraphy, litho- and biostratigraphy combined in correlation of the Oxfordian

- (Late Jurassic) formations of the Swiss Jura range. *Eclogae geol. Helv.*, Basel, **79/2**, 385-454.
- HÄFELI CH. (1966).– Die Jura/Kreide – Grenzsichten im Bielerseegebiet (Kt. Bern). *Eclogae geol. Helv.*, Basel, **59/2**, 565-697.
- HAQ B.U., HARDENBOL J. & VAIL P.R. (1987).– Chronology of Fluctuating Sea Levels Since the Triassic (250 million years ago to Present). *Science*, Washington, **235**, 1156-1167.
- HAQ B.U., HARDENBOL J. & VAIL P.R. (1988).– Mesozoic and Cenozoic chronostratigraphy and cycles on sea-level change. In: Wilgus, C.K. et al. (eds.): Sea-Levels Changes: an integrated approach. *Society of Economic Paleontologists and Mineralogists Special Publication*, Tulsa, **42**, 71-108.
- HARLAN-JOHNSON J. (1954).– An introduction to the study of rock building algae and algal limestones. *Colorado School of Mines Quarterly*, Golden, **49/2**, 87-94.
- HARRINGTON H.J. (1962).– Paleogeographic development of South America. *Bull. Amer. Assoc. Petrol. Geol.*, Tulsa, **46/10**, 1773-1814.
- HARRIS T.M. (1939).– British Purbeck Charophyta. *British Museum*, London, 83 p.
- HEER O. (1865).– Die Urwelt der Schweiz. *Impr. F. Schulthess*, Zürich, 622 p.
- HELMDACH F.F. (1971a).– Stratigraphy and ostracod-fauna from the coalmine Guimarota (Upper Jurassic). In: Contribuição para o conhecimento da Fauna do Kimeridgiano da Mina de Lignito Guimarota (Leiria, Portugal), II parte. *Mem. Serv. Geol. Portugal*, Lisboa, (n. s.), **17**, 41-88.
- HELMDACH F.F. (1971b).– Zur Gliederung limnisch-brackisher Sedimente des portugiesischen Oberjura (ob. Callovien-Kimmeridge) mit Hilfe von Ostrakoden. – *N. Jb. Geol. Paläont. Mh.*, Stuttgart, **11**, 645-662.
- HELMDACH F.F. (1972).– Ontogenie und Ornamentierung einiger oberjurassischer Arten von *Bisulcocypris* (Ostracoda). *N. Jb. Geol. Paläont. Abh.*, Stuttgart, **141/3**, 286-300.
- HENSON F.R.S. (1948).– Larger imperforate Foraminifera of southwestern Asia, Families *Lituolidae*, *Orbitolinidae* and *Meandropsinidae*. *British Museum Monographia*, London, 127 p.
- HOEDEMAEKER PH.J. (1987).– Correlation possibilities around the Jurassic/Cretaceous boundary. *Scripta geologica*, Leiden, **84**, 1-55.
- HOEDEMAEKER PH.J. (1991).– Tethyan-Boreal Correlations and the Jurassic-Cretaceous Boundary. *News. Stratigr.*, Berlin-Stuttgart, **25/1**, 37-60.
- HOEDEMAEKER PH.J. & COMPANY M. (rapporteurs) & 16 co-auteurs (1993).– Ammonite zonation for the Lower Cretaceous of the Mediterranean region; basis for the stratigraphic correlation within IGCP Project N° 262. *Revista Española de Paleontología*, **8/1**, 117-120.
- HOFFMANN H.J. & BLAIR J. (2000).– L'époque où toute vie aurait pu s'arrêter: l'extinction du Permien. *National Geographic Society Magazine* (édition française, septembre 2000), 110-123.
- HOOKE J.J. & WEIDMANN M. (2000).– The Eocene mammal faunas of Mormont, Switzerland. *Mém. suisses Paléont.*, Basel, **120**, 142 p.
- HORN AF RANTZIEN H. (1959).– Recent charophyte fructifications and their relations to fossil charophyte gyrogonites. *Arkiv. Bot. K. Svenska Vet. Akad.*, Stockholm, (n. s.), **4/7**, 165-332.
- HORNE D.J. (1995).– A revised ostracod biostratigraphy for the Purbeck-Wealden of England. *Cretaceous Research*, London, **16/6**, 639-663.
- HOTTINGER L. (1967).– Foraminifères imperforés du Mésozoïque marocain. *Notes Mém. Serv. géol. Maroc*, Rabat, **209**, 1-168.
- HUANG R.J. (1985).– (en chinois) Cretaceous and Early Tertiary Charophytes from Sichuan. *Acta Micropalaeontologica Sinica*, Beijing, **2**, 77-89.
- HUCKRIEDE R. (1967).– Molluskenfaunen mit limnischen und brackischen Elementen aus Jura, Serpult und Wealden NW-Deutschlands und ihre paläogeographische Bedeutung. *Beih. geol. Jb.*, Hannover, **67**, 1-263.
- HUGHES N.F. & MOODY-STUART J.C. (1969).– A method of stratigraphic correlation using early Cretaceous spores. *Palaeontology*, London, **12**, 84-111.
- HUNT C.O. (1985).– Miospores from the Portland Stone Formation and the lower part of the Purbeck Formation (Upper Jurassic/Lower Cretaceous) from Dorset, England. *Pollen et Spores*, Paris, **27**, 419-451.
- HUNT C.O. (1987).– Dinoflagellate cyst and acritarch assemblages in shallow-marine and marginal-marine carbonates: the Portland Sand, Portland Stone, and Purbeck Formations (Upper Jurassic/Lower Cretaceous) of southern England and northern France. In: Micropaleontology of carbonate environments, p. 208-225. Ed. M.B. Hart, Ellis Horwood, Chichester.
- HUNT D. & TUCKER M.E. (1995).– Stranded parasequences and the forced regressive wedge systems tract: deposition during base-level fall-reply. *Sedimentary Geology*, Amsterdam, **95**, 147-160.
- HUON S. & MOJON P.O. (1994).– Déséquilibre isotopique entre eau et parties calcifiées de Charophytes actuels (*Chara globularis*): résultats préliminaires. *C. R. Acad. Sci.*, Paris, série II, **318**, 205-210.
- HUTA C. (1997).– Les observations de François HUBER sur les abeilles selon la lecture de Jean SENEBIER (1802). *Archives des Sciences*, Genève, **50/3**, 189-196.
- HUXLEY J.S. (1958).– Evolutionary process and taxonomy with special reference to grades. *Uppsala Univ. Arsskr.*, Uppsala, **6**, 21-39.
- INTERNATIONAL BIBLE STUDENTS ASSOCIATION (1985).– La vie: comment est-elle apparue ? Evolution ou création? *Watchtower Bible and Tract Society of New York*, Brooklyn (NY), 255 p.
- JACCARD A. (1869).– Description géologique du Jura vaudois et neuchâtelais. *Matér. Carte géol. Suisse*, **6**, 1-340.
- JAMES N.P. & CHOQUETTE P.W. (eds.) (1988).– Introduction to paleokarst. In: Paleokarst, p. 1-21. *Springer*, New York, 416 p.
- JAN DU CHÊNE R., BUSNARDO R., CHAROLLAIS J., CLAVEL, B. (coord.) et 13 co-auteurs (1993).– Sequence-stratigraphic interpretation of Upper Tithonian-Berriasian reference section in South-East France: a multidisciplinary approach. *Bull. Centres Rech. Explor.-Prod. Elf-Aquitaine*, Pau, **17**, 151-181.
- JAYET A. (1926).– Etude stratigraphique de la Perte-du-Rhône près de Bellegarde (Ain, France). *Eclogae geol. Helv.*, Basel, **20**, 159-222.
- JERZYKIEWICZ T. & RUSSELL D.A. (1991).– Late Mesozoic stratigraphy and vertebrates of the Gobi basin. *Cretaceous Research*, London, **12/4**, 345-377.
- JIANG Y., ZHANG Z.R. & MENG X.S. (1985).– (en chinois) Early Cretaceous charophyte flora from Southern Henan and its stratigraphical significance. *Acta Micropalaeontologica Sinica*, Beijing, **2**, 161-167.
- JONES T.R. (1882).– Lettre sur le Calcaire à *Cypris* du Boulonnais. *Bull. Soc. géol. France*, (3), **8**, 615-616.
- JONES T.R. (1885).– On the Ostracoda of the Purbeck Formation with Notes on the Wealden Species. *Quart. J. geol. Soc. London*, **41**, 311-353.
- JORDAN L. & APPLIN E.R. (1952).– *Choffatella* in the Gulf Coastal regions of the United States and description of *Anchispirocyclina* n. gen. *Contr. Cushman Found. Foram. Res.*, New York, **3/1**, 1-5.
- JORDAN H. & BLESS M.J.M. (1971).– Eine inverse *Cypridea* aus dem Oberen Jura von Teruel (Spanien). In: Colloque sur la Paléocologie des Ostracodes (Pau, 1970). *Bull. Centre Rech. Pau-SNPA*, **5bis**, 683-693.

- JOUKOWSKI A. & FAVRE E. (1913).— Monographie géologique et paléogéographique du Salève (Haute-Savoie, France). *Mém. Soc. Phys. Hist. Nat. Genève*, **37/4**, 295-523.
- KÄLIN D., WEIDMANN M., ENGESSER B. & BERGER J.P. (2001).— Paléontologie et âge de la Molasse d'eau douce supérieure (OSM) du Jura neuchâtois. *Mém. suisses Paléont.*, Basel, **121**, 63-99.
- KEMPER E. (1973).— Das Berrias (tiefe Unterkreide) in NW-Deutschland. *Geol. Jb.*, Hannover, A, **9**, 47-67.
- KEMPER E. (1983).— Über Kalt- und Warmzeiten der Unterkreide. *Zitteliana*, München, **10**, 359-369.
- KEMPER E. (1987).— Das Klima der Kreide-Zeit. *Geol. Jb.*, Hannover, A, **96**, 5-185.
- KILIAN W. (1907).— Das Mesozoicum. Kreide. *Lethaea geognostica*, Stuttgart, **2/3**, 1-398.
- KJANSEP-ROMAŠKINA N.P. (1975).— (en russe) Nekotorye Pozonejurskie i Melovye harofity Mongolii (en français: Quelques Charophytes du Jurassique supérieur et du Crétacé de Mongolie). In : Kramarenko, N.N. (ed.) : *Iskopaïema fauna i flora Mongolii. Sovmestnaja Sovietsko-mongol'skaja paleontologičeskaja ekspedicia*, Moscou, **2**, 181-204.
- KNEUPER-HAACK F. (1966).— Ostracoden aus dem Wealden der Sierra de los Cameros (Nordwestliche Iberische Ketten). *Beih. geol. Jb.*, Hannover, **44**, 165-209.
- KOSZTOLANYI CH., MULLIS J. & WEIDMANN M. (1987).— Measurements of the phase transformation temperature of gypsum-anhydrite, included in quartz, by microthermometry and raman microprobe techniques. *Chemical Geology*, Amsterdam, **61**, 19-28.
- KOWALLIS B.J., CHRISTIANSEN E.H. & DEINO A.L. (1991).— Age of the Brushy Basin Member of the Morrison Formation, Colorado Plateau, western USA. *Cretaceous Research*, London, **12/5**, 483-493.
- KRASSAVINA L.C. (1971).— (en russe) A comparative study of recent and fossil Charophyta of the fructification in the *Nitellopsis obtusa* and of the gyrogonites in the species of *Tectochara*. *Rev. Inst. Bot. Akad. Nauk. SSSR*, **56/1**, 106-117. Ed. "Nauka", Leningrad.
- LAND L.S. (1989).— The carbon and oxygen isotopic chemistry of surficial Holocene shallow marine carbonate sediment and Quaternary limestone and dolomite. In: Fritz, P. & Fontes, J.Ch. (eds.): *Handbook of Environmental Isotope Geochemistry*, volume 3: the Marine Environment, A, p. 191-217. Elsevier Publ., Amsterdam, Oxford, New York, Tokyo, 428 p.
- LEES A. & BULLER A.T. (1972).— Modern temperate-water and warm-water shelf carbonate sediments contrasted. *Marine Geology*, Amsterdam, **13/5**, 67-73.
- LE HÉGARAT G. (1971).— Le Berriasien du Sud-Est de la France. *Doc. Lab. Géol. Fac. Sci. Lyon*, **43/1-2**, 1-575.
- LE LOEUFF J. (1991).— The Campano-Maastrichtian vertebrate faunas from southern Europe and their relationships with other faunas in the world; palaeobiogeographical implications. *Cretaceous Research*, London, **12/2**, 93-114.
- LEMOIGNE Y. & THIERRY J. (1968).— La paléoflore du Jurassique moyen de Bourgogne. *Bull. Soc. Géol. France*, (7), **10**, 323-333.
- LEMOIGNE Y. (1986).— Impacts de variations climatiques sur la flore continentale au cours des temps géologiques. In : Modifications biologiques — Événements géologiques, p. 501-508. *Bull. Centres Rech.-Prod. Elf-Aquitaine*, Pau, **10/2**, 606 p.
- LEUPOLD W. & BIGLER H. (1935).— *Coscinoconus*, eine neue Foraminiferenform aus Tithon-Unterkreide-Gesteinen der helvetischen Zone der Alpen. *Eclogae geol. Helv.*, Basel, **28**, 606-624.
- LETHIERS F. & CRASQUIN-SOLEAU S. (1988).— Comment extraire les microfossiles à tests calcitiques des roches dures. *Rev. Micropaléont.*, Paris, **31/1**, 56-61.
- LIENHARDT G. (1962).— Géologie du bassin houiller stéphanien du Jura et de ses morts-terrains. *Mém. Bur. Rech. Géol. Min.*, Paris, **9**, 449 p.
- LILLEGRAVEN J.A., KIELAN-JAWOROWSKA Z., CLEMENS W.A. (eds.) et coll. (1979).— Mesozoic Mammals. The first two-thirds of Mammalian History. *University of California Press*, Berkeley, 311 p.
- LOEBLICH A.R.J. & TAPPAN H. (1988).— Foraminiferal Genera and Their Classification. *Van Nostrand Reinhold Company*, New York, volume 1-2, 970 p.
- LONGMAN M.W. (1980).— Carbonate diagenetic textures from nearshore diagenetic environments. *Bull. Amer. Assoc. Petrol. Geol.*, Tulsa, **64/4**, 461-487.
- LORIOU P. DE & JACCARD A. (1865).— Etude géologique et paléontologique de la formation d'eau douce infracrétacée du Jura et en particulier de Villers-le-Lac. *Mém. Soc. Phys. Hist. Nat. Genève*, **18**, 68 p.
- LORIOU P. DE (1868).— Monographie des Couches de l'Etage Valangien des carrières d'Arzier (Canton de Vaud). In: Pictet, F.J. (ed.): *Matér. Paléont. suisse*, 4^e série, 3^e partie, 110 p., 9 pl.
- LORY CH. & PIDANCET (1847).— Note géologique sur la Dôle. *Bull. Soc. géol. France*, (2), **5**, 20-23.
- LORY CH. (1857).— Mémoire sur les terrains crétacés du Jura. *Mém. Soc. Emul. (Dépt) Doubs*, (3), **2**.
- LOVELOCK J. (1990).— Les âges de Gaia. *Ed. Robert Laffont*, Paris, 293 p.
- LUCAS S.G. (1997).— Dinosaurs. *Wm. C. Brown Publishers*, Dubuque (IA), 292 p. (2^e édition).
- MÄDLER K. (1952).— Charophyten aus dem Nordwestdeutschen Kimmeridge. *Geol. Jb.*, Hannover, **67**, 1-46.
- MÄDLER K. (1955).— Zur Taxinomie der tertiären Charophyten. *Geol. Jb.*, Hannover, **70**, 265-328.
- MAETERLINCK M. (1901-1930).— La Vie des abeilles (1901). La Vie des fourmis (1930). La Vie des termites (1926). *Editions du Grand-Chêne, Lausanne*, 468 p. (1947).
- MAGNIEZ G., RAT P. & TINTANT H. (1960).— Découverte d'oogones de Charophytes dans le Bathonien marin près de Dijon. *C. R. Acad. Sci.*, Paris, **250/1**, 1692-1694.
- MAILLARD G. (1884a).— Etude sur l'étage Purbeckien dans le Jura. *Impr. Zurcher & Furrer, Zürich*, 77 p.
- MAILLARD G. (1884b).— Invertébrés du Purbeckien du Jura. *Mém. Soc. paléont. suisse*, **11**, 156 p.
- MAILLARD G. (1885a).— Note sur le Purbeckien de la Cluse de Chaille, entre le Pont-de-Beauvoisin et les Echelles-sur-Guiers. *Bull. Soc. géol. France*, (3), **13**, 890-894.
- MAILLARD G. (1885b).— Supplément à la monographie des Invertébrés du Purbeckien du Jura. *Mém. Soc. paléont. suisse*, **12**, 22 p.
- MAISEY J.G. (ed.) et 17 co-auteurs (1991).— Santana Fossils. An illustrated Atlas. Contributions to IUGS-IGCP Project No. 242, The Cretaceous of South America. *T.H.F. Publications, Inc., Neptune City (New Jersey)*, 459 p.
- MALZ H. (1958).— Die Gattung *Macrodentina* und einige andere Ostracoden-Arten aus dem Oberen Jura von NW-Deutschland, England und Frankreich. *Abh. senckenb. natf. Ges.*, Frankfurt am Main, **497**, 1-67.
- MALZ H. (1969).— Jura/Kreide Grenzschichten in SE-Europa. *Natur und Museum*, Frankfurt am Main, **99/2**, 56-64.
- MARCOU J. (1848).— Recherches géologiques sur le Jura salinois. *Mém. Soc. géol. France*, (2), **3/1**, 151 p.
- MAREK S., BIELECKA W. & SZTEJN J. (1971).— Beds at the Jurassic-Cretaceous Boundary in the Polish Lowlands Area. In: Colloque du Jurassique, Luxembourg, 1967. *Mém. Bur. Rech. Géol. Min.*, Paris, **75**, 317-332.
- MARTIN G.P.R. (1940).— Ostracoden des norddeutschen Purbeck und Wealden. *Senckenbergiana*, Frankfurt am Main, **22/5-6**, 275-361.

- MARTIN G.P.R. (1961).— Die Gattung *Fabanella* n. g. (Ostracoda) im NW-deutschen Malm und Wealden. *Senckenb. lethaea*, Frankfurt am Main, **42/3-4**, 181-195.
- MARTIN G.P.R. & WEILER W. (1957).— Das Aldorfer Otolithen-“Pflaster” und seine Fauna. *Senckenb. lethaea*, Frankfurt am Main, **38/3-4**, 211-249.
- MARTIN-CLOSAS C. (1988).— Découverte de la plaque basale chez les Clavatoraceae (Charophyta). Implications phylogénétiques. *C. R. Acad. Sci.*, Paris, série II, **306**, 1131-1136.
- MARTIN-CLOSAS C. (1989).— (en catalan) Els Carofits del Cretaci inferior de les Conques periferiques del Bloc de l'Ebre. *Thèse Univ. Barcelona* (inédite), 581 p.
- MARTIN-CLOSAS C. (1996).— Phylogeny and phylogenetic system of Clavatoraceae (Charophyta). *Rev. Paleobot. Palyno.*, Amsterdam, **94**, 259-293.
- MARTIN-CLOSAS C. & GRAMBAST-FESSARD N. (1986).— Les Charophytes du Crétacé inférieur de la région du Maestrat (Chaîne ibérique-Catalanides, Espagne). *Paléobiol. continent.*, Montpellier, **15**, 86 p.
- MARTIN-CLOSAS C. & PEYBERNÈS B. (1987).— Datation de la transgression éocénacée dans les Pyrénées basco-béarnaises à l'aide des Charophytes. *Geobios*, Lyon, **20/5**, 695-700.
- MARTIN-CLOSAS C. & SALAS R. (1988).— Corrélation de la biozonation des charophytes avec celle des foraminifères (Orbitolinidés) dans le Valanginien inférieur du Bassin du Maestrat (Castelló, Espagne). *Geobios*, Lyon, **21/5**, 645-650.
- MARTIN-CLOSAS C. & SALAS R. (1989).— Nouvelles données stratigraphiques et biostratigraphiques (Charophyta) sur le passage Jurassique-Crétacé dans le Bassin du Maestrat (Chaîne ibérique orientale). In : *Libro Homenaje a Rafael Soler*, p. 77-95. Ed. Asociacion de Geólogos y Geofísicos Españoles del Petróleo (A.G.G.E.P.).
- MARTIN-CLOSAS C. & SERRA-KIEL J. (1991).— Evolutionary patterns of Clavatoraceae (Charophyta) in the Mesogean basins analysed according to environmental change during Malm and Lower Cretaceous. *Historical Biology*, London, **5**, 291-307.
- MARTIN-CLOSAS C. & SCHUDACK M.E. (1991).— Phylogenetic analysis and systematization of post-paleozoic Charophytes. *Bull. Soc. bot. France*, Actual. bot., (1), **138**, 53-71.
- MARTIN-CLOSAS C. & SALAS R. (1994).— Lower Cretaceous Charophytes. Biostratigraphy and evolution in the Maestrat Basin (Eastern Iberian Ranges). *Excursion guide-book of the 8th Meeting of the European Group of Charophyte Specialists (G.E.C.)*, (ed. Martin-Closas, C., Univ. Barcelona), 89 p.
- MARTIN-CLOSAS C. & SCHUDACK M.E. (1997).— On the concept of species in fossil Charophyta. A reply to Feist & Wang. *Taxon*, Utrecht, **46**, 521-525.
- MARTIN-CLOSAS C. & SALAS R. (1998).— Lower Cretaceous Charophyte biozonation in the Maestrat Basin (Iberian Ranges, Spain). A reply to P.O. Mojon [1996]. *Géologie Alpine*, Grenoble, **74**, 97-110.
- MARTIN-CLOSAS C. & DIÉGUEZ C. (1998).— Charophytes from the Lower Cretaceous of the Iberian Ranges (Spain). *Palaeontology*, London, **41/6**, 1133-1152.
- MASLOV V.P. (1961).— (en russe) *Sycidium* et *Chovanella* ne sont-ils pas des utricules de Charophytes? *Dokl. Akad. Nauk. SSSR*, Moscou, **138/3**, 677-680.
- MASLOV V.P. (1963).— (en russe) Introduction to the study of fossil Charophytes. *Trans. Geol. Inst. Akad. Nauk. SSSR*, Moscou, **82**, 104 p.
- MASSIEUX M., REY J. & VILLATTE J. (1987).— Sur l'âge maastrichtien de l'affleurement de la Rouquette (Commune de Paraza, Minervois). *Bull. Soc. Hist. Nat. Toulouse*, **123**, 151-157.
- MATEER N.J. & CHEN P.J. (1992).— A review of the nonmarine Cretaceous – Tertiary transition in China. *Cretaceous Research*, London, **13/1**, 81-90.
- MATEER N.J., WYCISK P., JACOBS, L.L., BRUNET M., LUGER P., ARUSH M.A., HENDRICKS F., WEISSBROD T., GVIRTZMAN G., MBEDE E., DINA A., MOODY R.T.J., WEIGELT G., EL-NAKHAL H.A., HELL J. & STETS J. (1992).— Correlation of nonmarine Cretaceous strata of Africa and the Middle East. *Cretaceous Research*, London, **13/3**, 273-318.
- MATTAUER M. (1955).— Découverte de Purbeckien aux environs de Besançon et réflexions sur l'âge du poudingue de Montfaucon. *Ann. sci. Univ. Besançon*, (2), sér. Géol., **3**, 37-39.
- MATTAUER M. (1958a).— Présence de brèches à cailloux noirs et de calcaires lacustres dans le Kimméridgien du Jura central. *C. R. somm. Soc. géol. France*, p. 47-49.
- MATTAUER M. (1958b).— Sur l'âge tertiaire du poudingue de Montfaucon (Doubs). *C. R. somm. Soc. géol. France*, p. 29-31.
- MATTAUER M. & ROLLET M. (1959).— Remarques sur un banc bréchique à cailloux noirs du Kimméridgien de la route de St-Claude à Montépile (Jura). *C. R. somm. Soc. géol. France*, p. 21.
- MAYNC W. (1958a).— *Feurtillia frequens*, n. gen., n. sp., A New Genus of Lituolid Foraminifera. *Contr. Cushman Found. Foram. Res.*, New York, **9/1**, 1-3.
- MAYNC W. (1958b).— *Ammocycloloculina*, n. gen., an unknown foraminiferal genus. *Contr. Cushman Found. Foram. Res.*, New York, **9/3**, 53-57.
- MAYNC W. (1959).— *Torinosuella*, n. gen., eine Mesozoische Gattung der lituoliden Foraminiferen. *Eclogae geol. Helv.*, Basel, **52/1**, 5-14.
- MAYR E. (1942).— Systematics and the origin of species. *Columbia Univ. Press*, New York, 334 p. (réédition 1982).
- MAYR E. (1963).— Animal Species and Evolution. *Belknap Press of Harvard University*, Cambridge (Mass.), 797 p., 6^e éd. (1979).
- MAYR E. (1970).— Populations, species, and evolution: an abridgment of “Animal species and evolution”. *Belknap Press of Harvard University*, Cambridge (Mass.), 453 p. Populations, espèces et évolution, trad. française de Y. Guy, *Hermann (Paris)*, 496 p. (1984).
- MAZENOT G. (1939).— Les *Palaeohoplitidae* tithoniques et berriasien du Sud-Est de la France. *Mém. Soc. géol. France*, **41/18**.
- MCCOURT R.M., KENNETH G.K., GUERLESQUIN M. & FEIST M. (1996).— Phylogeny of extant genera in the family Characeae (Charales, Charophyceae) based on *RBCL* sequences and morphology. *Amer. J. Bot.*, **83/1**, 125-131.
- McKENZIE K.G. (1971).— Palaeozoogeography of freshwater ostracoda. In: Colloque sur la Paléoécologie des Ostracodes (Pau, 1970). *Bull. Centre Rech. Pau-SNPA*, **5bis**, 207-237.
- MÉDIONI R. & ROBASZINSKI F. (1980).— Les faciès wealdiens. In : Mégnien, C. (ed.) : Synthèse géologique du bassin de Paris. *Mém. Bur. Rech. Géol. Min.*, Orléans, **101**, 275-279.
- MÉDUS J. (1971).— Contribution à la connaissance des associations palynologiques du Berriasien de Savoie occidentale. Application à la Provence. *Ann. Univ. Provence*, Marseille, série Sciences, **45**, 243-249.
- MÉDUS J. & MOJON P.O. (1991).— Palynologie des niveaux émersifs du Berriasien du Jura. Comparaison avec des spectres de Sardaigne et des Pyrénées. *Rev. Paleobot. Palyno.*, Amsterdam, **68**, 49-63.
- MÉDUS J. & MOJON P.O. (1996).— Une palynoflore remarquable d'un horizon émersif du Calcaire de Comblanchien (Bathonien inférieur-moyen) de la Bourgogne (France). *Archives des Sciences*, Genève, **49/2**, 105-117.
- MÉGNIE F. (coord.) et coll. (1980).— Lexique des noms de formation. Jurassique moyen. In: Mégnien, C. (ed.): Synthèse géologique du bassin de Paris. *Mém. Bur. Rech. Géol. Min.*, Orléans, **103**, 467 p.
- MEYER C.A. (1989).— Der Lebens- und Ablagerungsraum der Solothurner Schildkrötenkalke. *Mitt. Natf. Ges. Solothurn*, **34**, 187-197.

- MEYER C.A. (1990).— Sauropod tracks from the Upper Jurassic Reuchenette Formation (Kimmeridgian; Lommiswil, Kt. Solothurn) of northern Switzerland. *Eclogae geol. Helv.*, Basel, **83/2**, 389-397.
- MIGULA W. (1890-1897).— Die Characeen Deutschlands, Oesterreichs und der Schweiz. In: Dr. L. Rabenhorst's Kryptogamen-Flora von Deutschland, Oesterreich und der Schweiz, **5** (éd. 2). *Akademische Verlagsgesellschaft, Leipzig*, 765 p., 149 figs.
- MILANKOVITCH M. (1941).— Kanon der Erdbestrahlung und seine Anwendung auf das Eiszeitproblem. *Acad. Royale Serbe, Belgrade, mémoire spécial* **133**, 633 p.
- MILLIoud M.E. (1967).— Palynological study of the type localities at Valangin and Hauterive. *Rev. Palaeobot. Palyno.*, Amsterdam, **5**, 155-167.
- MOHLER W. (1938).— Mikropaläontologische Untersuchungen in der Nordschweizerischen Juraformation. *Mém. Soc. paléont. suisse*, **60**, 1-53.
- MOHR B.A.R. & SCHMIDT D. (1988).— The Oxfordian/Kimmeridgian boundary in the region of Porto de Mós (Central Portugal) : stratigraphy, facies and palynology. *N. Jb. Geol. Paläont. Abh.*, Stuttgart, **176/2**, 245-267.
- MOHR H.M. (1992).— Der helvetische Shelf der Ostschweiz am Übergang vom späten Jura zur frühen Kreide. *Thèse Univ. Zürich n° 9805* (inédite), 221 p., annexes (44 p.).
- MOJON P.O. (1985).— Les Charophytes du "Purbeckien" dans le Jura suisse occidental. *Trav. certif. Botanique Fac. Sci. Neuchâtel (inédit)*, 114 p., 47 pl.
- MOJON P.O. (1988a).— Contribution à l'étude micropaléontologique, paléoécologique et biostratigraphique des faciès "portlandiens" et "purbeckiens" (limite Jurassique-Crétacé) du Salève (Haute-Savoie, France). *Archives des Sciences*, Genève, **41/1**, 99-102.
- MOJON P.O. (1988b).— Les dépôts émergifs des faciès urgoniens (Hauterivien supérieur - Aptien inférieur) dans le Jura méridional (Ain, France) et les Chaînes subalpines septentrionales (Haute-Savoie, Savoie et Isère, France). *Archives des Sciences*, Genève, **41/3**, 409-417.
- MOJON P.O. (1989a).— Polymorphisme écophénotypique et paléoécologie des Porocharacées (Charophytes) du Crétacé basal (Berriasien) du Jura franco-suisse. *Revue de Paléobiologie*, Genève, **8/2**, 505-524.
- MOJON P.O. (1989b).— Charophytes et ostracodes laguno-lacustres du Jurassique de la Bourgogne (Bathonien) et du Jura septentrional franco-suisse (Oxfordien). Remarques sur les discontinuités émergives du Kimméridgien du Jura. *Revue de Paléobiologie*, Genève, volume spécial n° 3, 1-18.
- MOJON P.O. (1989c).— *Dictyoclavator neocomiensis*, une nouvelle Clavatoracée (Charophytes) du Berriasien moyen du Jura suisse occidental. *Archives des Sciences*, Genève, **42/2**, 485-491.
- MOJON P.O. (1989d).— *Cetacella eocretacea* et *Cypridea mirabilis*, deux nouveaux ostracodes lacustres des faciès purbeckiens (Berriasien inférieur) du Jura franco-suisse. *Archives des Sciences*, Genève, **42/3**, 499-508.
- MOJON P.O. (1996).— Précisions sur l'intervalle Valanginien – Barrémien de la biozonation des Charophytes du Crétacé inférieur du Maestrazgo (Chaîne ibérique orientale, Espagne) et sur la biozonation des Charophytes de l'intervalle Jurassique supérieur – Crétacé de l'Europe occidentale. *Géologie Alpine*, Grenoble, **72**, 61-99.
- MOJON P.O. (1999).— *Cythereis donzei* nov. sp. (Trachyleberidinae, Ostracoda) du Crétacé basal (Berriasien supérieur) du Sud-Est de la France. *Archives des Sciences*, Genève, **52/1**, 9-14.
- MOJON P.O. (2001).— Dinosauriens éocrétaqués des faciès purbeckiens (Berriasien inférieur) du Jura méridional (S.-E. de la France). *Archives des Sciences*, Genève, **54/1**, 1-5.
- MOJON P.O. (2002).— La lignée phylogénétique des *Hemiglobator* nov. gen. – *Globator* (Clavatoracées, Charophytes) du Jurassique terminal – Crétacé inférieur de l'Europe et de l'Afrique nord-occidentale. *Archives des Sciences*, Genève, **55/1**, 33-35.
- MOJON P.O. & STRASSER A. (1987).— Microfaciès, sédimentologie et micropaléontologie du Purbeckien de Bienne (Jura suisse occidental). *Eclogae geol. Helv.*, Basel, **80/1**, 37-58.
- MOJON P.O. & MÉDUS J. (1990).— Précisions biostratigraphiques sur l'"Urgonien" des Chaînes subalpines septentrionales du Sud-Est de la France et mise en évidence de *Cypridea gigantissima*, un nouvel Ostracode lacustre de l'Aptien inférieur. *Archives des Sciences*, Genève, **43/3**, 429-452.
- MOJON P.O. & MOUCHET PH. (1992).— Révision et validation de la nouvelle combinaison *Echinocchara pecki* (MÄDLER) GRAMBAST 1965 (Clavatoracées, Charophytes) d'après les matériaux inédits du Kimméridgien basal du Jura suisse septentrional. *Bull. Soc. neuchât. Sci. nat.*, Neuchâtel, **115**, 9-22.
- MOJON P.O. & BLANC E. (1998).— Sur les niveaux à cailloux noirs du Portlandien (Jurassique terminal) des Gorges du Seyon, entre Neuchâtel et Valangin. *Rameau de Sapin*, Areuse (Neuchâtel), **2**, 27-31.
- MOODY R.T.J. & SUTCLIFFE P.J.C. (1991).— The Cretaceous deposits of the Iullemeden Basin of Niger, central West Africa. *Cretaceous Research*, London, **12/2**, 137-157.
- MOORE C.H. (1989).— Carbonate diagenesis and porosity. *Developments in Sedimentology*, Amsterdam, **46**, 338 p.
- MORET L. (1933).— Sur la Géologie de l'extrémité septentrionale du Semnoz près d'Annecy et sur les limites méridionales des lagunes purbeckiennes. *Trav. Lab. Géol. Fac. Sci. Univ. Grenoble*, **17/1**, 76-83.
- MORET L. & DELEAU P. (1960).— Note de Paléontologie savoisiennne: découverte d'ammonites dans le Berrias et l'Urgonien des environs d'Annecy (Haute-Savoie). *Trav. Lab. Géol. Fac. Sci. Univ. Grenoble*, **36**, 43-44.
- MORKHOVEN F.P.C.M. VAN (1962-1963).— Post-Paleozoic Ostracoda. Their Morphology, Taxonomy, and Economic Use, vol. 1: 220 p., vol. 2: 478 p. *Ed. Elsevier, Amsterdam, London, New York*.
- MORTER A.A. (1984).— Purbeck-Wealden Beds Mollusca and their relationship to ostracod biostratigraphy, stratigraphical correlation and palaeoecology in the Weald and adjacent areas. *Proc. Geol. Ass.*, London, **95/3**, 217-234.
- MOUCHET P.O.J. (1998).— Stratigraphy and mineralostratigraphy of the Kimmeridgian in the central Jura mountains of Switzerland and eastern France. *Eclogae geol. Helv.*, Basel, **91/1**, 53-68.
- MOURGUIART P. (1987).— Les ostracodes lacustres de l'Altiplano bolivien. Le polymorphisme, son intérêt dans les reconstitutions paléohydrologiques et paléoclimatiques de l'Holocène. *Thèse Univ. Bordeaux I*, (inédite), 263 p.
- MOUTY M. (1966).— Le Néocomien dans le Jura méridional. Thèse n° 1369 Univ. Genève, *Impr. Univ. Damas (Syrie)*, 270 p.
- MÜLLER D. (1986).— Les brèches du Purbeckien de la Dôle (Jura suisse): effondrement par dissolution d'évaporites. *Eclogae geol. Helv.*, Basel, **79/1**, 33-39.
- MURAT R. (1952).— Découverte de débris de Characées dans les calcaires valanginiens de la paroi du Scex (St-Maurice, Valais). *Archives des Sciences*, Genève, **5**, 401-403.
- MUSACCHIO E.A. (1971).— Charophytas de la Formación La Amarga (Cretacico inferior), Provincia de Neuquén, Argentina. *Revista del Museo de La Plata*, Buenos Aires, (n. s.), *Paleontologia*, **6/37**, 19-38.
- MUSACCHIO E.A. (1989).— Biostratigraphy of the Non-Marine Cretaceous of Argentina based on Calcareous Microfossils. In: Wiedmann, J. (ed.): Proceedings of the 3rd International Cretaceous Symposium Tübingen 1987, p. 811-850. *Ed. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung (Nägele u. Obermiller), Stuttgart*.
- MUSACCHIO E.A. (1993).— Use of global time scale in correlating nonmarine Cretaceous rocks in southern South America. *Cretaceous Research*, London, **14/2**, 113-126.

- MUSACCHIO E.A. (2000).— Biostratigraphy and biogeography of Cretaceous charophytes from South America. *Cretaceous Research*, London, **21/2-3**, 211-220.
- NARBY J. (1997).— Le Serpent cosmique, l'ADN et les origines du savoir. *Ed. Georg SA (Terra Magna)*, Genève, 236 p.
- NEALE J.W. (1962).— Ostracoda from the Speeton Clay (Lower Cretaceous) of Yorkshire. *Micropaleontology*, New York, **8/4**, 425-484.
- NEALE J.W. (1967).— Ostracodes from the Type Berriasian (Cretaceous) of Berrias (Ardèche, France) and Their Significance. In: *Essays in Paleontology & Stratigraphy* Raymond C. MOORE Commemorative Volume. *Dpt. Geol. Univ. Kansas Special Publication*, **2**, 539-569.
- NEALE J.W. (1988).— Ostracods and Paleosalinity Reconstruction. In: De Dekker, P., Colin, J.P. & Peypouquet, J.P. (eds.): *Ostracoda in the Earth Sciences*, p. 125-155. *Ed. Elsevier, Amsterdam*.
- NIEDZIOLKA K. (1988).— II.3. Die Mikrofauna im Valangin-Hauterive-Grenzbereich des zentralen Niedersächsischen Beckens (Pollhagen, Wiedensahl II). In: *Die Valangin-Hauterive-Grenze im zentralen Niedersächsischen Becken. Berliner geowiss. Abh.*, Berlin, **A**, **94**, 89-173.
- NORRIS G. (1985).— Palynology and British Purbeck facies. *Geol. Magazine*, London, **122**, 187-190.
- ODIN G.S. (1994).— Geological Time Scale (1994). *C. R. Acad. Sci.*, Paris, série II, **318**, 59-71.
- OERTLI H.J. (1957a).— Ostracodes du Jurassique supérieur du Bassin de Paris (sondage Vernon 1). *Rev. Inst. français Pétrole*, **12/6**, 647-695.
- OERTLI H.J. (1957b).— Ostracoden als Salzgehalts-Indikatoren im oberen Bathonien des Boulonnais. *Eclogae geol. Helv.*, Basel, **50/2**, 279-284.
- OERTLI H.J. (1959a).— Malm-Ostrakoden aus dem schweizerischen Juragebirge. *Mém. Soc. paléont. suisse*, **83/1**.
- OERTLI H.J. (1959b).— *Eurytycythere* und *Parexophthalmocythere*, zwei neue Ostrakoden-Gattungen aus der Unterkreide Westeuropas. *Paläont. Z.*, Stuttgart, **33/4**, 241-246.
- OERTLI H.J. (1962).— Sur la rédaction d'études paléontologiques. Règles de nomenclature et "attitude morale". *Rev. Micropaléont.*, Paris, **5/1**, 59-61.
- OERTLI H.J. (1963).— Ostracodes du "Purbeckien" du Bassin parisien. *Rev. Inst. français Pétrole*, **18/1**, 5-39.
- OERTLI H.J. (1966).— Die Gattung *Protocythere* (Ostracoda) und verwandte Formen im Valanginien des zentralen Schweizer Jura. *Eclogae geol. Helv.*, Basel, **59/1**, 87-127.
- OERTLI H.J. (ed.) et coll. (1985).— Atlas des Ostracodes de France. *Bull. Centres Rech. Explor.-Prod. Elf-Aquitaine*, Pau, mémoire **9**, 396 p.
- OERTLI H.J. (1989).— Ostracoda from the historical type region of the Hauterivian Stage (Switzerland, France). In: *Révision de l'étage Hauterivien (région-type et environs, Jura franco-suisse)*. *Mém. Soc. neuchât. Sci. nat.*, Neuchâtel, **11**, 205-222.
- OERTLI H.J. & ZIEGLER M.A. (1958).— Présence d'un Séquanien lacustre dans la région de Pontarlier (Département du Doubs, France). *Eclogae geol. Helv.*, Basel, **51/2**, 385-390.
- OERTLI H.J. & STEINHAUSER N. (1969).— Découverte d'un gisement d'Ostracodes d'âge berriasien supérieur au Molard de Vions (Savoie, France). *C. R. Soc. Phys. Hist. nat. Genève*, (n. s.), **4/1**, 114-117.
- ORSAT V. & STROHMENGER C. (1993).— Microfacies and sedimentary sequences in the Lower Aptian (Bedoulian) of the Urganian platform (Chartreuse massif, SE-France). *Eclogae geol. Helv.*, Basel, **86/2**, 377-396.
- PARÉJAS E. (1948).— Sur quelques coprolithes de Crustacés. *Archives des Sciences*, Genève, **1/1**, 512-520.
- PASQUIER J.B. (1995).— Sédimentologie, stratigraphie séquentielle et cyclostratigraphie de la marge nord-téthysienne au Berriasien en Suisse occidentale (Jura, Helvétique, Ultrahelvétique); comparaison avec les séries de bassin des domaines vocontien et subbriançonnais. Thèse n° 1088 Univ. Fribourg, *Multiprint SA, Fribourg*, 274 p.
- PAVONI N. (1961).— Faltung durch Horizontalverschiebung. *Eclogae geol. Helv.*, Basel, **54/2**, 515-535.
- PECK R.E. (1934).— Late Paleozoic and early Mesozoic Charophyta. *Amer. J. Sci.*, (5), **27**, 49-55.
- PECK R.E. (1937).— Morrison Charophyta from Wyoming. *J. Paleont.*, Tulsa, **11/2**, 83-90.
- PECK R.E. (1938).— A new family of Charophyta from the Lower Cretaceous of Texas. *J. Paleont.*, Tulsa, **12/2**, 173-176.
- PECK R.E. (1941).— Lower Cretaceous Rocky Mountain nonmarine microfossils. *J. Paleont.*, Tulsa, **15/3**, 285-304.
- PECK R.E. (1951).— Nonmarine ostracodes-the subfamily Cyprideinae in the Rocky Mountain Area. *J. Paleont.*, Tulsa, **25/3**, 307-320.
- PECK R.E. (1957).— North American Mesozoic Charophyta. *Geol. Surv. Prof. Papers*, Washington D.C., **294-A**, 44 p.
- PECORINI G. (1969).— Le *Clavatoraceae* del "Purbeckiano" di Cala d'Inferno nella Nurra di Alghero (Sardegna Nord-Occidentale). *Boll. Soc. Sarda Sci. nat.*, Sassari, **5**, 1-14.
- PEDROLA J. & ACUÑA J.D. (1986).— Algunos aspectos de la variabilidad de los oogonios en poblaciones actuales del género *Chara* (Charophyceae). Aplicación paleontológica. *Estudios geol.*, Madrid, **42**, 341-348.
- PEDROLA J., ACUÑA J.D. & BATISTA J. (1990).— Observaciones sobre algunos caracteres de valor taxonomico en el grupo de los carofitos. *Collect. Bot.*, Barcelona, **18**, 21-43.
- PÉREZ-MORENO B.P., CHURE D.J., PIRES C., MARQUES DA SILVA C., DOS SANTOS V., DANTAS P., PÓVOAS L., CACHÃO M., SANZ J.L. & GALOPIM DE CARVALHO A.M. (1999).— On the presence of *Allosaurus fragilis* (Theropoda: Carnosauria) in the Upper Jurassic of Portugal: first evidence of an intercontinental dinosaur species. *Journal of the Geological Society*, London, **156**, 449-452.
- PERSOZ F. & REMANE J. (1973).— Evolution des milieux de dépôt au Dogger supérieur et au Malm dans le Jura neuchâtelois méridional. *Eclogae geol. Helv.*, Basel, **66/1**, 41-70.
- PEYBERNÈS B. & REY J. (1975).— *Choffatella pyrenaica* n. sp., nouveau Lituolidé du Néocomien des Pyrénées et du Portugal. *Géologie Méditerranéenne*, Marseille, **2/1**, 11-22.
- PEYBERNÈS B. (1976).— Le Jurassique et le Crétacé inférieur des Pyrénées franco-espagnoles. Thèse Univ. Toulouse, *Impr. C. R. D. P., Toulouse*, 459 p.
- PEYPOUQUET J.P. (1979).— Ostracodes et paléoenvironnements. Méthodologie et application aux domaines profonds du Cénozoïque. *Bull. Bur. Rech. Géol. Min.*, Orléans, (2^e série), Section IV – Géologie générale, **1**, 3-80.
- PFENDER J. (1938).— Les Foraminifères du Valanginien provençal. *Bull. Soc. géol. France*, (5), **8**, 231-242.
- PHILIPPE M. (1991).— Bois fossiles du Jurassique de Franche-Comté. Thèse Univ. Lyon-I (inédate), 268 p. Résumé in : *Palaeontographica*, Stuttgart, B, **236**, 45-103, (1995).
- PHILIPPE M., CONTINI D. & MÉON H. (1992).— Les lignites "purbeckiennes" de Longemaison (Doubs) sont en fait néogènes ; étude paléobotanique. *C. R. Acad. Sci.*, Paris, série II, **314**, 359-364.
- PICTET F.J. & CAMPICHE G. (1858-1871).— Description des fossiles du Terrain Crétacé des environs de Sainte-Croix. In: Pictet, F.J. (ed.): *Matér. Paléont. suisse*, 5 volumes, 2022 p., 193 pl., 1 carte géol.
- PINTO I.D. & SANGUINETTI Y.T. (1962).— A complete revision of the Genera *Bisulcocypris* and *Theriosynoecum* (OSTRACODA) with the world geographical and stratigraphical distribution (including *Metacypris*, *Elpidium*, *Gomphocythere* and *Cytheridella*). Publ. Especial n° 4, 1-165. *Ed. Escola de Geologia de Porto Alegre (Univ. Rio Grande do Sul)*.

- PINTO I.D. & SANGUINETTI Y.T. (1984).— Mesozoic Ostracode Genus *Therio-synoecum* BRANSON, 1936 and Validity of Related Genera. *Ann. Acad. brasil. Cienc.*, Porto Alegre, **56/2**, 207-215.
- POMEROL CH. et 11 co-auteurs (1987).— Stratigraphie. Méthodes, principes, applications. *Ed. Doin, Paris*, 283 p.
- PORTMANN J.P. (1966).— Notice historique de géologie neuchâteloise. *Eclogae geol. Helv.*, Basel, **59/1**, 5-19.
- PROCTOR V.W. (1962).— Viability of *Chara* oospores taken from migratory water birds. *Ecology*, New York, **45**, 656-658.
- PROCTOR V.W. (1989).— Chareae and Nitelleae: contrasting reflections of invertebrate herbivory. In: Abstr. 1er Coll. Int. sur les Charophytes actuelles et fossiles, p. 45. *Université de Montpellier II*.
- PROCTOR V.W. (1996).— Charophytivory: 0,3 billion years of previously unexplored coevolution. In: Abstr. 2nd Int. Symp. on Extant and Fossil Charophytes, p. 29. *University of Wisconsin, Madison*.
- PURSER B.H. (1975).— Sédimentation et diagénèse précoce des séries carbonatées du Jurassique moyen de Bourgogne. *Thèse Univ. Paris-Sud/Orsay* (inédate), 383 p.
- RAMALHO M. (1971).— Contribution à l'étude micropaléontologique et stratigraphique du Jurassique supérieur et du Crétacé inférieur des environs de Lisbonne (Portugal). *Mem. Serv. Geol. Portugal*, Lisboa, (n. s.), **19**, 1-212.
- RAMALHO M. & REY J. (1969).— Corrélations stratigraphiques dans les couches de passage du Jurassique au Crétacé du Portugal. *Bol. Soc. Geol. Portugal*, Lisboa, **17**, 31-36.
- RAMALHO M. & REY J. (1975).— Etat des connaissances actuelles sur le Jurassique terminal et le Crétacé basal du Portugal. In : Colloque sur la limite Jurassique-Crétacé (Lyon-Neuchâtel, 1973). *Mém. Bur. Rech. Géol. Min.*, Paris, **86**, 265-273.
- RAMIREZ DEL POZO J. (1969).— Síntesis Estratigráfica y Micropaleontológica de las Facies Purbeckense y Wealdense del Norte de España. *Ed. CEPESA S.A., Madrid*.
- READING H.G. (ed.) et coll. (1986).— Sedimentary Environments and Facies. *Blackwell Scientific Publications, Oxford, London, Edinburgh, Boston, Palo Alto, Melbourne*, 615 p.
- REICHEL M. (1927).— Conifère fossile trouvé dans les couches à ciment (Argovien) de St-Sulpice. *Bull. Soc. neuchât. Sci. nat.*, Neuchâtel, **52**, 125-130.
- REMANE J. (1958).— Quelques observations sur le passage des faciès jurassiens aux faciès subalpins à la limite Jurassique-Crétacé dans les environs de Grenoble. *Trav. Lab. Géol. Fac. Sci. Univ. Grenoble*, **34**, 179-191.
- REMANE J. (1985a).— Der Artbegriff in Zoologie, Phylogenetik und Biostratigraphie. *Paläont. Zeitsch.*, Stuttgart, **59/3-4**, 171-182.
- REMANE J. (1985b).— Calpionellids. In: Plankton stratigraphy, p. 555-572. *Ed. Bolli, Saunders & Perch-Nielsen, Press Univ. Cambridge*.
- REMANE J. (1989).— Critical remarks to cladistic analysis and cladistic classification. *Abh. naturwiss. Ver. Hamburg*, (N. F.), **28**, 111-124.
- REMANE J., BUSNARDO R., CHAROLLAIS J. et coll. (1989).— Révision de l'étage Hauterivien (région-type et environs, Jura franco-suisse). *Mém. Soc. neuchât. Sci. nat.*, Neuchâtel, **11**, 322 p.
- RENEVIER E. (1857).— Note sur les fossiles d'eau douce inférieurs au terrain Crétacé dans le Jura (Purbeck). *Bull. Soc. vaudoise Sci. nat.*, Lausanne, **5/41**, 259-261.
- RENEVIER E. (1874).— Tableaux géologiques. *Bull. Soc. vaudoise Sci. nat.*, Lausanne, **12**, 238-239.
- RENZ O. (1976).— Ein grosser Pachydesmoceras (Ammonoidea) aus dem Unteren Cénoomanien des Schweizer Juras. *Eclogae geol. Helv.*, Basel, **69/3**, 753-763.
- RENZ O., LUTERBACHER H. & SCHNEIDER A. (1963).— Stratigraphisch-paläontologische Untersuchungen im Albinen und Cénoomanien des Neuenburger Jura. *Eclogae geol. Helv.*, Basel, **56/2**, 1073-1116.
- RENZ O. & JUNG P. (1978).— Aptian to Maastrichtian in the Swiss Jura Mountains. *Eclogae geol. Helv.*, Basel, **71/1**, 1-18.
- RETALLACK G. & DILCHER D.L. (1981).— A coastal hypothesis for the dispersal and rise to dominance of flowering plants. In: Praeger, K.J.N. (publ.): *Paleobot., paleocol., evol.*, San Francisco, **2**, 27-67.
- RÉVIL J. (1911-1913).— Géologie des chaînes jurassiennes et subalpines de la Savoie (Petit-Bugey, Environs d'Aix-les-Bains et de Chambéry, Massif des Bauges, Massif de Curienne-La Thuile, Extrémité septentrionale du Massif de la Chartreuse). *Mém. Acad. de Savoie*, (5), vol. **1** (1911) : 626 p., vol. **2** (1913) : 301 p. Impr. Générale Savoissienne, Chambéry.
- REY J. (1972).— Recherches géologiques sur le Crétacé inférieur de l'Estremadura (Portugal). *Ed. Lab. Géol. Univ. Paul Sabatier, J.F. Impressions, Toulouse*, 529 p.
- REY J., GRAMBAST L., OERTLI H.J. & RAMALHO M. (1968).— Les couches de passage du Jurassique au Crétacé au nord du Tage (Portugal). *C. R. somm. Soc. géol. France*, p. 153-155.
- REY J. & RAMALHO M. (1974).— Le Crétacé inférieur de l'Algarve occidental (Portugal). *Comm. Serv. Geol. Portugal*, Lisboa, **57**, 155-181.
- REY J. (coord.) et coll. (Comité français de Stratigraphie) (1996).— Stratigraphie – Terminologie française. *Bull. Centre Rech. Elf Explor. Prod.*, Pau, mémoire **19**, 164 p.
- RIVELINE J. (1984).— Les Charophytes du Cénozoïque (Danien à Burdigalien) d'Europe occidentale. Implications stratigraphiques. *Thèse Univ. Paris VI*, 2 volumes, (inédate), 934 p.
- RIVELINE J. & PERREAU M. (1979).— Les Characées à incrustation calcaire du gisement de Mutigny (Marne). *Rev. Micropaléont.*, Paris, **22/1**, 37-43.
- RIVELINE J., BERGER J.P., FEIST M., MARTIN-CLOSAS C., SCHUDACK M.E. & SOULIÉ-MÄRSCHKE I. (1996).— European Mesozoic-Cenozoic Charophyte Biozonation. *Bull. Soc. géol. France*, **167/3**, 453-468.
- ROEMER F. (1839).— Die Versteinerungen des Norddeutschen Oolithengebirges. *Ed. Hahn'schen Hofbuchhandlung, Hannover*.
- ROEMER F. (1841).— Die Versteinerungen des Norddeutschen Kreidegebirges. *Ed. Hahn'schen Hofbuchhandlung, Hannover*.
- ROHR W.M. (1976).— Mitteljurassische Ostracoden aus den Grands-Cauxes Süd-Frankreichs. *Thèse Freie Univ. Berlin* (inédate), 167 p.
- RUFFELL A. (1991).— Sea-level events during the Early Cretaceous in Western Europe. *Cretaceous Research*, **12/5**, 527-551.
- RUSCIADELLI G. (1999).— Stratigraphie séquentielle et analyse de l'espace disponible du Jurassique supérieur et du Crétacé inférieur du bassin de Paris. *Atti Ticinensi di Scienze della Terra*, Pavia, ser. spec., **8**, 83 p.
- SACKETT W.F. (1989).— Stable carbon isotope studies on organic matter in the marine environment. In: Fritz, P. & Fontes, J.Ch. (eds.): *Handbook of Environmental Isotope Geochemistry*, volume **3**: the Marine Environment, A, p. 139-169. *Elsevier Publ., Amsterdam, Oxford, New York, Tokyo*, 428 p.
- SAHAGIAN D., PINOUS O., OLFERIEV A. & ZAKHAROV V. (1996).— Eustatic Curve for the Middle Jurassic – Cretaceous Based on Russian Platform and Siberian Stratigraphy: Zonal Resolution. *Bull. Amer. Assoc. Petrol. Geol.*, Tulsa, **80/9**, 1433-1458.
- SAHNI A. & BAJPAI S. (1991).— Eurasian elements in the Upper Cretaceous nonmarine biotas of peninsular India. *Cretaceous Research*, London, **12/2**, 177-183.
- SAÏDAKOVSKI L.Y. (1966).— (en russe) Biostratigraphie des dépôts triasiques dans le Sud de la plate-forme russe. *Trudy geol. Inst. Akad. Nauk. SSSR*, Moscou, **143**, 93-144.
- SALAS R. & MARTIN-CLOSAS C. (coord.) et coll. (1991).— El Cretácico inferior del Nordeste de Iberia. *Guide géol. 3ème Coloquio del Cretácico de España*, Morella, 1991. *Publ. Univ. Barcelona*, 153 p.

- SANDERSON M. & HUFFORD L. (1996).— Homoplasy. The Recurrence of Similarity in Evolution. *Academic Press, San Diego*, 339 p.
- SANTOS-NARVAEZ J.M. (1980).— Contribution à l'étude géologique des chaînons externes nord-occidentaux du Massif de Chartreuse (Savoie). *Thèse Univ. Paris VI* (inédite), 170 p.
- SAPORTA G. DE (1891).— Plantes jurassiques. In: *Paléontologie française*, (2), 4, 498-500.
- SAUVAGNAT J. (1999).— Les Ostracodes aptiens et albiens du Jura. *Publ. Dépt. Géol. Paléont. Univ. Genève*, 24, 264 p.
- SAUVAGNAT J., CLAVEL B., CHAROLLAIS J. & SCHROEDER R. (2001).— Ostracodes barrémo-aptiens de quelques vires marneuses de l'Urgonien jurassien, pré-subalpin et sub-alpin (SE de la France). *Archives des Sciences*, Genève, 54/2, 83-98.
- SCHARDT H. (1883).— Fossiles du terrain purbeckien de Feurtilles, près de Baulmes. *Bull. Soc. vaudoise Sci. nat.*, Lausanne, 19/89, p. 18 (procès-verbaux des séances).
- SCHARDT H. (1908).— Sur le résultat de sondages dans le Néocomien du Vauseyon et le profil géologique d'une nouvelle percée pour le détournement du Seyon. *Bull. Soc. neuchât. Sci. nat.*, Neuchâtel, 34, 186-206.
- SCHMIDT G. (1955).— Stratigraphie und Mikrofauna des mittleren Malm im nordwest-deutschen Bergland mit einer Kartierung am südlichen Ith. *Abh. senckenb. naturf. Ges.*, Frankfurt am Main, 491, 1-76.
- SCHNORF-STEINER A. & GUILLAUME S. (1965).— Les marnes d'Arzier, leur extension, leur valeur stratigraphique. In: Colloque sur le Crétacé inférieur (Lyon, 1963). *Mém. Bur. Rech. Géol. Min.*, Paris, 34, 49-59.
- SCHOLLE P.A., ARTHUR M.A. & EKDALE A.A. (1983).— Pelagic environment. In: Scholle, P.A., Bebout, D.G. & Moore C.H. (eds.): Carbonate depositional environments. *Mem. Amer. Assoc. Petrol. Geol.*, Tulsa, 33, 619-691.
- SCHROEDER R. & CHAROLLAIS J. (1966).— Quatrième note sur les Foraminifères du Crétacé inférieur de la région genevoise. Sur quelques Orbitolinidae des faciès urgoniens. *Archives des Sciences*, Genève, 19/1, 93-114.
- SCHROEDER R., CONRAD M.A. & CHAROLLAIS J. (1967a).— Sixième note sur les Foraminifères du Crétacé inférieur de la région genevoise. Contribution à l'étude des Orbitolinidae: *Valserina brönnimanni* SCHROEDER & CONRAD, n. gen., n. sp., *Paleodictyoconus barremianus* (MOULLADE) et *Paleodictyoconus cuvillieri* (FOURY). *Archives des Sciences*, Genève, 20/2, 199-222.
- SCHROEDER R. & CONRAD M.A. (1967b).— Huitième note sur les Foraminifères du Crétacé inférieur de la région genevoise. *Eopalorbitolina charollaisi*, n. gen., n. sp., un Orbitolinidé nouveau du Barrémien à faciès urgonien. *C. R. Séances Soc. Phys. Hist. Nat.*, Genève, (n. s.), 2/3, 145-162.
- SCHROEDER R. (1997).— Remarques sur une prétendue association de *Palorbitolina lenticularis* / *Valserina broennimanni* dans le Jura neuchâtelois. *Eclogae geol. Helv.*, Basel, 90/2, 263-267.
- SCHUDACK M.E. (1986).— Zur Nomenklatur der Gattungen *Porochara* MÄDLER 1955 (syn. *Musacchiella* FEIST & GRAMBAST-FESSARD 1984) und *Feistiella* n. gen. (Charophyta). *Palaont. Z.*, Stuttgart, 60/1-2, 21-27.
- SCHUDACK M.E. (1987a).— Charophytenflora und fazielle Entwicklung der Grenzschieben mariner Jura/Wealden in den Nordwestlichen Iberischen Ketten (mit Vergleichen zu Asturien und Kantabrien). *Palaontographica*, Stuttgart, B, 204/1-6, 180 p.
- SCHUDACK M.E. (1987b).— Charophytenflora und Alter des unterkretazischen Karsthölen-Füllung von Nehden (NE-Sauerland). *Geol. Palaont. Westf.*, Münster, 10, 7-44.
- SCHUDACK M.E. (1989).— Charophytenfloren aus der unterkretazischen Vertebraten-Fundschichten bei Galve und Uña (Ostspanien). *Berliner geowiss. Abh.*, Berlin, A, 106, 409-443.
- SCHUDACK M.E. (1990).— Bestandsaufnahme und Lokalisation der Charophyten aus Oberjura und Unterkreide des Nordwestdeutschen Beckens. *Berliner geowiss. Abh.*, Berlin, A, 124, 209-245.
- SCHUDACK M.E. (1991).— Eine Charophyten-Biozonierung für den Zeitraum Oberjura bis Berriasium in Westeuropa und ihr Vergleich mit Sequenzstratigraphie und eustatischer Meeresspiegelkurve. Late Jurassic-Berriasian charophyte biozonation for Western European and its correlation with sequence stratigraphy and eustatic sea level curve. *Berliner geowiss. Abh.*, Berlin, A, 134, 311-332.
- SCHUDACK M.E. (1993).— Die Charophyten in Oberjura und Unterkreide Westeuropas. Mit einer phylogenetischen Analyse der Gesamtgruppe. *Berliner geowiss. Abh.*, Berlin, E, 8, 209 p.
- SCHUDACK M.E. (1999).— Some Charophytes from the Middle Dinosaur Member of the Tendaguru Formation (Upper Jurassic of Tanzania). *Mitt. Mus. Nat. Kd.*, Berlin, Geowiss. Reihe 2, 201-205.
- SCHUDACK U. (1989).— Zur Systematik der oberjurassischen Ostracodengattung *Cetacella* MARTIN 1958 (Syn. *Leiria* HELMDACH 1971). *Berliner geowiss. Abh.*, Berlin, A, 106, 459-471.
- SCHUDACK U. (1994).— Revision, Dokumentation und Stratigraphie der Ostracoden des nordwestdeutschen Oberjura und Unter-Berriasium. *Berliner geowiss. Abh.*, Berlin, E, 11, 193 p.
- SELLWOOD B.W. (1986).— Shallow-marine Carbonate Environments. In: Reading, H.G. (ed.): Sedimentary Environments and Facies, p. 283-342. *Blackwell Scientific Publications, Oxford*, 615 p. (2^e édition).
- SEPTFONTAINE M. (1971).— *Eclusia moutyi* gen. et sp. nov., un Foraminifère nouveau du Valanginien du Jura méridional. *Archives des Sciences*, Genève, 24/2, 285-298.
- SEPTFONTAINE M. (1977a).— Niveaux à Foraminifères (*Pfenderininae* et *Valvulininae*) dans le Dogger des Préalpes médianes du Chablais occidental (Haute-Savoie, France). *Eclogae geol. Helv.*, Basel, 70/2, 599-625.
- SEPTFONTAINE M. (1977b).— La Grotte des Huguenots (Ain, France). Géologie et spéléogénèse. *Stalactite*, Neuchâtel, 27/1, 20-26.
- SEPTFONTAINE M. (1981).— Les foraminifères imperforés des milieux de plate-forme au Mésozoïque : détermination pratique, interprétation phylogénétique et utilisation biostratigraphique. *Rev. Micropaléont.*, Paris, 23/3-4, 169-203.
- SEPTFONTAINE M. (1983).— Le Dogger des Préalpes médianes suisses et françaises. Stratigraphie, évolution paléogéographique et paléotectonique. *Mém. Soc. Helv. Sci. Nat.*, 97, 121 p.
- SEPTFONTAINE M. (1978).— *Broeckinella magna* n. sp., un nouveau grand foraminifère dans le Valanginien du Jura méridional (Savoie, France). *Rev. Micropaléont.*, Paris, 21/1, 28-38.
- SEPTFONTAINE M. (1988).— Vers une classification évolutive des Lituolidés (Foraminifères) jurassiques en milieu de plate-forme carbonatée. *Revue de Paléobiologie*, Genève, volume spécial n° 2 "Congrès Benthos' 86", 229-256.
- SHAÏKIN I.M. (1967).— (en russe) Fossil Charophyta of Upper Jurassic deposits of Dniepr-Donets depression. In: Fossil Algae of the USSR. *IZDAT-Nauk. SSSR*, Moscou, p. 43-47.
- SHAÏKIN I.M. (1976).— (en russe) New data on the biostratigraphy of the Jurassic and Cretaceous deposits of the Fore-Dobrogean trough. *Geol. Zh.*, Kiev, 36/2, 77-86.
- SHAÏKIN I.M., KISIELEVSKI F. & VACULA L. (1992).— Correlation of nonmarine Lower Cretaceous deposits of the south European part of the former USSR on the basis of Charophyta. *Cretaceous Research*, London, 13/4, 331-336.
- SIGOGNEAU-RUSSELL D., MONBARON M. & DE KAENEL E. (1990).— Nouvelles données sur le gisement à Mammifères mésozoïques du Haut-Atlas marocain. *Geobios*, Lyon, 23/4, 461-483.
- SIMPSON G.G. (1961).— Principles of animal taxonomy. *Columbia Univ. Press, New York*, 247 p. (réédition 1990).
- SIRNA G. (1963).— Aptian Charophyta of Southern Latium. *Geol. Romana*, Roma, 2, 279-290.

- SOHN I.G. & PECK R.E. (1963).– *Theriosynoecum wyomingense* (BRANSON, 1935), a Possible Guide Ostracode to the Salt Wash Member of the Morrison Formation. *Geol. Surv. Bull.*, Washington, **1161-A**, 1-10.
- SOHN I.G. (1979).– Nonmarine Ostracodes in the Lakota Formation (Lower Cretaceous) From South Dakota and Wyoming. *Geol. Surv. Prof. Papers*, Washington, **1069**, 1-24.
- SOULIÉ-MÄRSCHÉ I. (1982).– Charophytes. In : Le Shati, Lac pléistocène du Fezzan (Libye), p. 80-85. *Ed. CNRS, Paris*.
- SOULIÉ-MÄRSCHÉ I. (1989).– Etude comparée des gyrogonites de Charophytes actuelles et fossiles et phylogénie des genres actuels. *Édition révisée du Mémoire de Thèse d'Etat Univ. Montpellier, 1979. Imprimerie des Tilleuls, Millau*, 237 p.
- SOULIÉ-MÄRSCHÉ I. (1994).– The paleoecological implications of the Charophyte flora of the Trinity Division, Junction, Texas. *J. Paleont.*, Lawrence KS, **68/5**, 1145-1157.
- SOWERBY J. DE C. (1836).– In: FITTON, W.H.: Observations on some of the strata between the Chalk and the Oxford Oolite, in the South-east of England. Appendix A: Descriptive Notes respecting the Shells figured in Plates 11 to 23. *Trans. geol. Soc. London*, (2), **4**, 335-349.
- STEBBINS G.L., Jr. (1950).– Variation and evolution in plants. *Columbia Univ. Press, New York, London*, 643 p. (réédition 1967).
- STEGHAUS H. (1951).– Ostracoden als Leitfossilien im Kimmeridge der Oelfelder Wietze und Fuhrberg bei Hannover. *Paläont. Z.*, Stuttgart, **24**, 201-204.
- STEGHAUS H. (1953).– Über die Möglichkeit einer Gliederung der Weiss-Jura von Dalum. *Ber. naturf. Ges.*, Freiburg-Breisgau, **43/1**, 39-46.
- STEINHAUSER N. (1969).– Recherches stratigraphiques dans le Crétacé inférieur de la Savoie occidentale (France). *Thèse n° 1506 Univ. Genève* (inédite), 287 p. Texte condensé, *Ed. "Médecine et Hygiène"*, Genève, 18 p., (1970).
- STEINHAUSER N. & LOMBARD A. (1969).– Définition de nouvelles unités lithostratigraphiques dans le Crétacé inférieur du Jura méridional (France). *C. R. Soc. Phys. Hist. Nat.*, Genève, (n. s.), **4/1**, 100-113.
- STEINHAUSER N., BRÖNNIMANN P. & KOEHN-ZANINETTI L. (1969).– *Keramosphaera allobroensis*, n. sp., from the Upper Berriasian of the Jura Mountains and the Subalpine Region. *Archives des Sciences*, Genève, **22/1**, 105-123.
- STEINHAUSER N. & CHAROLLAIS J. (1971).– Observations nouvelles et réflexions sur la stratigraphie du "Valanginien" de la région neuchâteloise et ses rapports avec le Jura méridional. *Geobios*, Lyon, **4/1**, 7-59.
- STEINHAUSER N., CLAVEL B. & CHAROLLAIS J. (1986).– Livret-guide de l'excursion n° 2 du congrès BENTHOS' 86 dans les domaines jurassien et présupalpin. *Publ. Dépt. Géol. Paléont. Univ. Genève*, série Guide géol. n° 4, 42 p.
- STOLL N.R. et 6 co-auteurs (eds.) (1961).– Code international de nomenclature zoologique (versions anglaise et française). 15^e Congrès international de Zoologie (Londres, 1958). *Publ. International Trust for Zoological Nomenclature*, London, 176 p.
- STRASSER A. (1986).– Ooids in Purbeck limestones (lowermost Cretaceous) of the Swiss and French Jura. *Sedimentology*, Amsterdam, **33/5**, 711-727.
- STRASSER A. (1987).– Detaillierte Sequenzstratigraphie und ihre Anwendung: Beispiel aus dem Purbeck des schweizerischen und französischen Jura. *Facies*, Erlangen, **17**, 237-244.
- STRASSER A. (1988a).– Enregistrement sédimentaire de cycles astronomiques dans le Portlandien et le Purbeckien du Salève (Haute-Savoie, France). *Archives des Sciences*, Genève, **41/1**, 85-97.
- STRASSER A. (1988b).– Shallowing-upward sequences in Purbeckian peritidal carbonates (lowermost Cretaceous, Swiss and French Jura Mountains). *Sedimentology*, Amsterdam, **35/3**, 369-383.
- STRASSER A. & DAVAUD E. (1982).– Les croûtes calcaires (calcretes) du Purbeckien du Mont-Salève (Haute-Savoie, France). *Eclogae geol. Helv.*, Basel, **75/2**, 287-301.
- STRASSER A. & DAVAUD E. (1983).– Black pebbles of the Purbeckian (Swiss and French Jura): lithology, geochemistry and origin. *Eclogae geol. Helv.*, Basel, **76/3**, 551-580.
- STROHMENGER C., DEVILLE Q. & FOOKES E. (1991).– Kimmeridgian/Tithonian eustasy and its imprints on carbonate rocks from the Dinaric and the Jura carbonate platforms. *Bull. Soc. géol. France*, Paris, **162/4**, 661-671.
- STURM M. (1985).– Particules en suspension dans les lacs. *Mitt./Nouv. EAWAG*, Dübendorf, **19**, 9-15.
- SWART P.K. (1983).– Carbon and Oxygen Isotope Fractionation in Scleractinian Corals: a review. *Earth-Science Reviews*, Amsterdam, **19**, 51-80.
- SYLVESTER-BRADLEY P.C. (1949).– The ostracod genus *Cypridea* and zones of the Middle and Upper Purbeckian. *Proc. Geol. Ass.*, London, **60**, 125-151.
- SYLVESTER-BRADLEY P.C. (1956).– The Structure, Evolution and Nomenclature of the Ostracod Hinge. *Bull. British Museum (natur. Hist.)*, London, **3/1**, 1-21.
- TAPPAN H. (1980).– The paleobiology of plant Protists. *Ed. Freeman W.H. and Co., San Francisco*, 1028 p.
- TAQUET PH. (1976).– Géologie et Paléontologie du gisement de Gadoufaoua (Aptien du Niger). *Cahiers de Paléontologie*, Paris, 191 p.
- TAQUET PH. (1992).– Dinosaures et Mammifères du Désert de Gobi. *Museum Hist. Nat.*, Paris, 133 p.
- TAUGOURDEAU-LANTZ J. & DONZE P. (1971).– Un aperçu de l'environnement végétal pendant l'épisode régressif du Berriasien terminal dans le Jura méridional (France). *Rev. Micropaléont.*, Paris, **14/5**, 102-120.
- THALMANN H.K. (1966).– Zur Stratigraphie des oberen Malm im südlichen Berner und Solothurner Jura. *Mitt. Natf. Ges. Solothurn*, **22**, 1-126.
- THIERRY J. (coord.) et coll. (1980).– Jurassique moyen. In: Mégnien, C. (ed.): Synthèse géologique du bassin de Paris, Stratigraphie et paléogéographie. *Mém. Bur. Rech. Géol. Min.*, Orléans, **101**, 466 p.
- THURMANN J. (1832).– Essai sur les soulèvements jurassiques de Porrentruy. *Impr. Levraut, Strasbourg*.
- THURMANN J. (1835).– Sur le terrain crétacé du Jura. *Bull. Soc. géol. France*, (1), **7**, 207-211, (1836).
- TINTANT H. (1962).– Observations stratigraphiques sur le Jurassique moyen de Côte-d'Or. *Bull. sci. Bourgogne*, Dijon, **21**, 93-117.
- TINTANT H. (1972).– La conception biologique de l'espèce et son application en stratigraphie. *Mém. Bur. Rech. Géol. Min.*, Paris, **77/1**, 77-87.
- TRIBOLET G. DE (1859).– Sur l'*Ammonites astierianus* de la base des marnes néocomiennes. *Bull. Soc. neuchât. Sci. nat.*, Neuchâtel, **5**, 21-22.
- TRIEBEL E. (1938).– Ostracoden-Untersuchungen. 1. *Protocythere* und *Exophthalmocythere*, zwei neue Ostracoden-Gattungen aus der deutschen Kreide. *Senckenbergiana*, Frankfurt am Main, **20/1-2**, 179-200.
- TRIEBEL E. (1940).– Die Ostracoden der deutschen Kreide. 3. *Cytherideinae* und *Cytherinae* aus der unteren Kreide. *Senckenbergiana*, Frankfurt am Main, **22/3-4**, 160-227.
- TRÜMPY R. (1980).– Geology of Switzerland. Part A: An outline of the Geology of Switzerland. In: Schweiz. Geol. Komm. (ed.): Guide book of excursion field. *Wepf & Co. Publ.*, Basel – New York, 104 p.
- TUCKER M.E. & WRIGHT V.P. (1990).– Carbonate Sedimentology. *Blackwell Scientific Publications*, Oxford, London, Edinburgh, Boston, Palo Alto, Melbourne, 482 p.
- VAIL P.R., MITCHUM R.M., JR., TODD R.G., WIDMIER J.M., THOMPSON S., III, SANGREE J.B., BUBB J.N. & HATLELID W.G. (1977).– Seismic Stratigraphy and Global Changes of Sea Level. In:

- Seismic Stratigraphy-application to hydrocarbon exploration. *Mem. Amer. Assoc. Petrol. Geol.*, Tulsa, **26**, 49-212.
- VAIL P.R., HARDENBOL J. & TODD R.G. (1984).– Jurassic Unconformities, Chronostratigraphy, and Sea-level Changes from Seismic Stratigraphy and Biostratigraphy. *Mem. Amer. Assoc. Petrol. Geol.*, Tulsa, **36**, 129-144.
- VAIL P.R., COLIN J.P., JAN DU CHÊNE R., KUCHLY J., MEDIAVILLA F. & TRIFILIEFF V. (1987).– La stratigraphie séquentielle et son application aux corrélations chronostratigraphiques dans le Jurassique du bassin de Paris. *Bull. Soc. géol. France*, (8), **3/7**, 1301-1321.
- VAIL P.R., AUDEMARD F., BOWMAN S.A., EISNER P.N. & PEREZ-CRUZ C. (1991).– The stratigraphic signatures of tectonics, eustasy and sedimentology – an overview. In: Einsele, G., Ricken, W. & Seilacher, A. (eds.): *Cycles and Events in Stratigraphy*, p. 617-659. *Springer-Verlag, Berlin*.
- VILLARS F. (1991).– Evolution paléogéographique du domaine delphino-helvétique (entre Chartreuse et Morcles) au Crétacé supérieur (Turonien – Maastrichtien) : biostratigraphie, sédimentologie et dynamique sédimentaire sur une rampe carbonatée. *Publ. Dépt. Géol. Paléont. Univ. Genève*, **10**, 173 p.
- VIRGONE A. (1997).– Stratigraphie, sédimentologie et dynamique d'une plate-forme carbonatée : le Berriasien supérieur – Valanginien basal de Basse-Provence occidentale (S.E. France). *Thèse Univ. de Provence, Marseille*, (inédite), 196 p.
- WAEHRY A. (1988).– Analyse de faciès et de séquences sédimentaires dans la Formation de Pierre-Châtel (Berriasien moyen, Jura méridional/France). *Trav. Dipl. Univ. Genève* (inédit), 83 p.
- WALKER R.G. (ed.) (1984).– Facies Models. *Geoscience Canada*, 317 p. (reprint series 1).
- WALLROTH K.F.G. (1833).– *Characeae*. In: *Flora Cryptogamica Germaniae. Pars posterior*, p. 101-114. *Compendium Florae Germanicae, Sectio II, Norimbergae*.
- WALTHER J. (1894).– Lithogenesis der Gegenwart Beobachtung über die Bildung der Gesteine an der heutigen Erdoberfläche. In: *Dritter Teil einer Einleitung in die Geologie als historische Wissenschaft*, p. 535-1055. *Verl. G. Fischer, Jena*.
- WANG S. (1965).– (en chinois) Mesozoic and Tertiary Charophyta from Jinquan basin of Kansu province. *Acta Paleont. Sinica*, Beijing, **13**, 485-499.
- WANG Z. (1978).– (en chinois) Cretaceous charophytes from the Yangtze-Han River Basin with a note on the classification of Porocharaceae and Characeae. *Mem. Nanjing Inst. Geol. Paleont.*, Nanjing, *Acad. Sinica*, **5**, 61-92.
- WANG Z. (1981).– (en chinois) Mesozoic charophytes from the Anhui and Zejiang with its stratigraphic significance. *Acta Paleont. Sinica*, Beijing, **20**, 311-325.
- WANG Z., HUANG R.J. & WANG S. (1976).– (en chinois) Mesozoic and Cenozoic Charophytes from Yunnan Province, p. 65-93. In: *Mesozoic and Cenozoic fossils of Yunnan*, **1**, 388 p.
- WANG Z. & LU H.N. (1982).– (en chinois) Classification and evolution of Clavatoraceae, with notes on its distribution in China. *Bull. Nanjing Inst. Geol. Paleont.*, Nanjing, *Acad. Sinica*, **4/6**, 77-108.
- WANNER J. (1940).– Gesteinbildende Foraminiferen aus Malm und Unterkreide des ostlichen Ostindischen Archipels. *Palaeont. Zeitschr.*, Berlin, **22/2**, 75-99.
- WATSON J. (1977).– Some Lower Cretaceous conifers of the *Cheirolepidiaceae* from the U.S.A. and England. *Palaeontology*, London, **20/4**, 715-749.
- WEGENER A. (1915).– Die Entstehung der Kontinente und Ozeane. *Ed. Friedrich Vieweg & Sohn, Braunschweig/Wiesbaden*, 231 pp. (4^e édition, 1929). La Genèse des Continents et des Océans, trad. française de A. Lerner, *Librairie Nizet et Bastard, Paris*, 236 p., (1937).
- WEST I.M. (1975).– Evaporites and associated sediments of the basal Purbeck Formation (Upper Jurassic) of Dorset. *Proc. Geol. Ass.*, London, **86**, 205-225.
- WEYNSCHENK R. (1951).– Two new Foraminifera from the Dogger and Upper Triassic of the Sonnwend Mountains of Tyrol. *J. Paleont.*, Tulsa, **25/6**, 793-795.
- WHATLEY R.C. (1988a).– Ostracoda and Palaeogeography. In: De Dekker, P., Colin, J.P. & Peypouquet, J.P. (eds.): *Ostracoda in the Earth Sciences*, p. 103-123. *Ed. Elsevier, Amsterdam*.
- WHATLEY R.C. (1988b).– Population structure of Ostracods: some general principles for the recognition of palaeoenvironments. In: De Dekker, P., Colin, J.P. & Peypouquet, J.P. (eds.): *Ostracoda in the Earth Sciences*, p. 245-246. *Ed. Elsevier, Amsterdam*.
- WIEDMANN J. (1968).– Das Problem stratigraphischer Grenzziehung und die Jura/Kreide-Grenze. *Eclogae geol. Helv.*, Basel, **61/2**, 321-386.
- WIENHOLZ E. (1968).– Ostracodenfaunen der Jura/Kreide-Grenzschichten im Norden der Deutschen Demokratischen Republik. *Ber. dtsh. Ges. geol. Wiss.*, Berlin, A (Geol. Paläont.), **13/2**, 233-238.
- WILEY E.O. (1978).– The evolutionary species concept reconsidered. *Syst. Zool.*, Washington, **27**, 17-26.
- WILEY E.O. (1981).– Phylogenetics. The Theory and Practice of Phylogenetic Systematics. *John Wiley & Sons, New York, Chichester, Brisbane, Toronto, Singapore*, 439 p.
- WIMBLETON W.A. & COPE J.C.W. (1978).– The ammonite faunas of the English Portland Beds and the zones of the Portland Stage. *J. Geol. Soc.*, London, **135**, 183-190.
- WIMBLETON W.A. & HUNT C.O. (1983).– The Portland-Purbeck junction (Portlandian-Berriasian) in the Weald, and correlation of latest Jurassic-early Cretaceous rocks in southern England. *Geol. Magazine*, London, **120**, 267-280.
- WOLBURG J. (1959).– Die Cyprideen des NW-deutschen Wealden. *Senckenb. lethaea*, Frankfurt, **40/3-4**, 223-315.
- WOLBURG J. (1962).– Die leitenden Ostracoden des nordwest-deutschen Wealden. In: *Leitfossilien der Mikropaläontologie*, p. 204-224. *Ed. W. Simon & H. Bartenstein, Berlin*.
- WOOD R.D. (1962).– New combinations and taxa in the revision of *Characeae*. *Taxon*, Utrecht, **11/1**, 7-25.
- WÜEST J. (1995).– Microscope électronique à balayage. Pour décrire le microcosme. *Ed. Jullien, Genève*, 215 p.
- YABE H. & HANZAWA S. (1926).– *Choffatella* SCHLUMBERGER and *Pseu-docyclammina*, a new genus of arenaceous Foraminifera. *Tôhoku Imp. Univ. Sci. Reports*, Sendai, ser. Geol. (2), **9/1**, 9-11.
- YOKOYAMA M. (1890).– Foraminiferen aus dem Kalksteine von Torinosu und Kompira. *Denkschr. Kais. Akad. Wiss. Wien, Math.-Naturwiss. Cl.*, **57**, 26-27.
- YURTSEVER Y. (1975).– Worldwide survey of stable isotopes in precipitation. *Rep. Section Isotope Hydrology. International Atomic Energy Agency, Vienna*, 40 p.
- ZAKHAROV V.A., BOWN P. & RAWSON P.F. (1996).– The Berriasian Stage and the Jurassic-Cretaceous boundary. *Bull. Inst. royal Sci. nat. Belgique, Bruxelles*, (Sciences de la Terre), **66 suppl.**, 7-10.
- ZANINETTI L., SALVINI-BONNARD G., CHAROLLAIS J. & DECROUEZ D. (1987).– *Montsalevia*, n. gen. (*Montsaleviidae*, n. fam., Foraminifère), dans le Crétacé inférieur (Berriasien moyen – Valanginien) du Mont Salève et du Jura méridional (Haute-Savoie, France); note préliminaire. *Revue de Paléobiologie*, Genève, **6/1**, 165-168.
- ZANINETTI L., CHAROLLAIS J., CLAVEL B., DECROUEZ D., SALVINI-BONNARD G. & STEINHAUSER N. (1988).– Quelques remarques sur les fossiles du Salève (Haute-Savoie, France) : (1) Note sur *Heterodiceras luci* et "*Natica leviathan*"; (2) Micropaléontologie dans le Crétacé inférieur (Berriasien moyen-supérieur) des carrières de Monnetier, d'après le matériel de JOUKOWSKI ET FAVRE 1913. *Archives des Sciences*, Genève, **41/1**, 43-63.
- ZEISS A. (1983).– Zur Frage der Äquivalenz der Stufen Tithon/Berrias/Wolga/Portland in Eurasien und Amerika. Ein

- Beitrag zur Klärung der weltweiten Korrelation der Jura/Kreide-Grenzsichten im marinen Bereich. *Zitteliana*, München, **10**, 427-438.
- ZHANG Z., LU H. & ZHAO J. (1981).– (en chinois) Early Cretaceous Charophyte Flora from Southern Hebei and its stratigraphical significance. In: *Proc. 1st Convention of micropal. Soc. of China (Beijing, 1979)*, p. 152-158.
- ZIEGLER P.A. (1956).– Zur Stratigraphie des Séquanien im zentralen Schweizer Jura. Mit einem Beitrag von E. GASCHE. *Beitr. geol. Karte Schweiz*, (n. s.), **102**, 37-101.
- ZIEGLER M.A. (1962).– Beiträge zur Kenntnis des unteren Malm im zentralen Schweizer Jura. *Mitt. geol. Inst. ETH und Univ. Zürich, série C*, **82**, 55 p.

Annexes

Collections de référence et échantillons micropaléontologiques complémentaires

Collections de référence

1. Charophytes, Ostracodes, Foraminifères benthiques et divers (lames-minces, échantillons géologiques, macrofossiles) : collection P.-O. Mojon (Musée géologique Lausanne = MGL 47370 à 47387; Museum d'histoire naturelle Genève = MHNG 59593 à 61000).
2. Gastéropodes : collection P.-O. Mojon conservée au Geologisch-Paläontologisches Institut und Museum der Universität Hamburg [Bandel, 1991].
3. Spores et pollens : collection J. Médus (Laboratoire de Botanique historique et Palynologie, Faculté des Sciences et Techniques de St-Jérôme, Marseille).
4. Dasycladacées : collection B. Granier (TOTAL/Compagnie Française des Pétroles, St-Rémy-lès-Chevreuse).
5. Collection de référence d'Ostracodes lacustres (*Cypridea*) remise au Dr. Su Deying (Institute of Geology, Chinese Academy of Geological Sciences, Beijing) : *C. valdensis obliqua*, *C. amisia*, *C. granulosa fasciculata*, *C. granulosa protogranulosa*, *C. dunkeri carinata*, *C. tuberculata oertlii* (3 spécimens du matériel-type), *C. tumescens tumescens*, *C. tumescens praecursor*, *C. tumescens acrobeles*, *C. gr. peltoides*, *C. binodosa*, *C. mirabilis* (3 spécimens du matériel-type).
6. Collection de l'Institut de Géologie de l'Université de Neuchâtel pour le matériel en lames-minces (Charophytes) du Kimméridgien basal de la coupe des Hautes-Roches (éch. IGUN MP 525-I à MP 525-IV).
7. Collection M. Feist (Charophytes) au Laboratoire de Paléobotanique de l'Université des Sciences et Techniques du Languedoc (Montpellier II) pour *Hemiglobator rectispirale* du Jurassique terminal (Tithonien) de l'Algérie occidentale (éch. USTL CF 2947) et *Hemiglobator protoincrassatus* de la base du Middle Purbeck anglais à Durlston Bay, Dorset (éch. USTL CF 2911).
8. Échantillons micropaléontologiques complémentaires : collection H.J. Oertli et collection du Département de Géologie et de Paléontologie de l'Université de Genève (DGPUG).

Les échantillons micropaléontologiques complémentaires concernent des sites actuellement recouverts et inaccessibles, soit les coupes de La Sauge et de Feurtilles dans le Jura central (Jura suisse occidental) ainsi que les forages du LEP SPM 6 et L 132 dans le Jura français méridional (cf. chap.1, § 2.1.). Ces échantillons constituent de précieux compléments par

rapport aux affleurements discontinus des faciès émergifs purbecko-wealdiens et aux cénozones continentales du Crétacé basal du Jura. Enfin, un échantillon inédit des "Marnes vertes infracrétacées" (Berriasien supérieur terminal) de la coupe des Gorges du Verdon (Haute-Provence) est également joint à cet inventaire.

I. Coupe de la Sauge (collection H.J. Oertli, DGPUG).

1. Échantillon Ro 51 prélevé dans l'Unité Inférieure Oolithique (Berriasien moyen, M4). Ostracodes : *Macrodentina (Dictyocythere) mediostricta transfuga*, *Eoparacypris weedonensis*, *Fabanella boloniensis*, *Mantelliana purbeckensis*, *Cypridea granulosa fasciculata*, *Valendocythere emslandensis*, *Schuleridea gr. mediocaudata*, *Kentrodictyocythere typica*.

2. Échantillons Ro 48, 49 et 50 prélevés dans le Purbeckien (Berriasien inférieur, M1b) jusqu'à environ 10 m sous l'U. I. O.

– Échantillon 50. Charophytes : *Hemiglobator praecursor*. Ostracodes : *Cypridea tumescens praecursor*, *Cypridea dunkeri carinata*, *Theriosynoecum forbesii forbesii*, *Darwinula leguminella*, *Fabanella boloniensis*. Gastéropodes : *Valvata helicoides*, *Hydrobia* sp.

– Échantillon 49. Charophytes : *Hemiglobator praecursor*, *Porochara jaccardi*. Ostracodes : *Cypridea tumescens tumescens*, *Cypridea dunkeri carinata*, *Fabanella boloniensis*, *Eoparacypris weedonensis*.

– Échantillon 48. Charophytes : *Hemiglobator praecursor*, *Nodosoclavator bradleyi*, *Clavator reidi*, *Porochara maxima*. Ostracodes : *Cypridea tumescens tumescens*, *Cypridea tumescens praecursor*, *Cypridea dunkeri carinata*, *Theriosynoecum forbesii forbesii*, *Fabanella boloniensis*, *Eoparacypris weedonensis*, *Marslatourella (Gigantourella) aff. gigantea*.

II. Coupe de Feurtilles (1-2 : collection H.J. Oertli, DGPUG ; 3 : MHNG 59659-59660).

1. Échantillons 77 à 79 prélevés dans l'Unité Inférieure Oolithique (Berriasien moyen, M4).

– Échantillon 79 [= éch. 183 in Burri, 1956]. Ostracodes : *Macrodentina (Dictyocythere) mediostricta transfuga*, *Eoparacypris weedonensis*, *Paranotacythere favulata*, *Valendocythere emslandensis*, *Schuleridea gr. mediocaudata*.

– Échantillon 77-78 [= éch. 181 in Burri, 1956]. Ostracodes : *Cypridea granulosa fasciculata*, *Fabanella boloniensis*, *Eoparacypris weedonensis*, *Paranotacythere favulata*, *Valendocythere emslandensis*, *Schuleridea* gr. *mediocaudata*, *Cytherella dilatata*, *Xestoleberis?* *dimorpha*.

2. Échantillon 75-76 [= éch. 177 in Burri, 1956] prélevés dans la partie supérieure du Purbeckien (Berriasien inférieur, M2). Charophytes : *Hemiglobator protoincrassatus*, *Porochara maxima*. Ostracodes : *Cypridea tumescens praecursor*, *Cypridea dunkeri carinata*, *Darwinula leguminella*, *Fabanella boloniensis*, *Eoparacypris weedonensis*.

3. Échantillon Schardt [1883] prélevé dans le Purbeckien (Berriasien inférieur, M1b) à environ 3,5 m sous l'U. I. O. [niveau K in Maillard, 1884b ; bancs 21? ou 22-23? in Carozzi, 1948]. Charophytes : *Hemiglobator praecursor*, *Clavator reidi*, *Flabellachara grovesi*, *Porochara maxima* (gyrogonites très abondantes), *Porochara jaccardi*, *Porochara fusca*, *Mesochara harrisi*. Ostracodes : *Cypridea tumescens tumescens*, *Cypridea dunkeri carinata*, *Theriosynoecum forbesii forbesii*, *Darwinula leguminella*, *Fabanella boloniensis*. Gastéropodes : *Valvata helicoides*, *Gyraulus loryi*.

III. Forages du LEP (coll. DGPUN).

A. Forage SPM 6 (MHNG 60351 à 60360).

1. Formation de Vions (Berriasien supérieur, M5a-M5b, marnes siliciclastiques riches en pyrite).

-68,5 m. Dasycladacées, Foraminifères benthiques (*Choffatella pyrenaica*).

-90,75 m. Charophytes : *Porochara jaccardi*. Ostracodes : *Cypridea valdensis obliqua*, *Macrodentina (Dictyocythere) mediostricta mediostricta*, *Fabanella boloniensis*, *Valendocythere helvetica*, *Valendocythere divisa*, *Kentrodictyocythere typica*, *Eocytheropteron abundens*, *Asciocythere montis*, *Cytherella elongata*. Foraminifères benthiques : *Choffatella pyrenaica*.

Autres échantillons marneux avec Ostracodes marins (faune typique de la Formation de Vions) :

-69,5 m / -73,5 m / -74 m / -74,3 m / -78,5 m / -83,75 m / -96 m / -108-108,25 m / -108,25-108,7 m / 112,85-113,15 m / 114,7-114,8 m (1^{er} niveau marneux important).

2. Formation de Pierre-Châtel (Berriasien moyen).

-120,75 m. Foraminifères benthiques : *Pseudocyclamina lituus*.

-165 m. Dasycladacées : *Clypeina jurassica*. Foraminifères benthiques : *Trocholina* gr. *alpina-elongata*, Milioles.

-170,15 m (Unité Inférieure Oolithique, M4). Débris de petits Ostréides. Charophytes remaniées du sommet du

Purbeckien (M3) : *Hemiglobator maillardi*, *Clavator reidi*. Ostracodes : *Macrodentina (Dictyocythere) mediostricta transfuga*.

3. Purbeckien (Berriasien inférieur, M2?, M1b).

-176-176,2 m (M2?). Charophytes : *Porochara jaccardi*, *Porochara fusca*. Ostracodes : *Cypridea* gr. *tumescens*. Gastéropodes : *Hydrobia chopardiana*, *Juramelanatria rugosa*, *Gyraulus loryi*. Dasycladacées (forte influence marine) : *Clypeina parvula*.

-177,5 m (M1b). Charophytes : *Hemiglobator praecursor*, *Perimneste horrida*, *Flabellachara grovesi*, *Porochara jaccardi*, *Porochara fusca*. Ostracodes : *Cypridea dunkeri carinata*, *Eoparacypris weedonensis*. Gastéropodes : *Hydrobia chopardiana*, *Valvata helicoides*, *Gyraulus loryi*. Dasycladacées : *Clypeina parvula*. Foraminifères benthiques : *Feurtillia frequens*, "Valvulines" (Ataxophragmiidés).

-177,9-178 m. Charophytes : *Hemiglobator praecursor*, *Perimneste horrida*, *Perimneste micrandra*, *Flabellachara grovesi*, *Clavator reidi*. Ostracodes : *Cypridea dunkeri carinata*. Gastéropodes : *Valvata helicoides*, *Gyraulus loryi*. Foraminifères benthiques : *Feurtillia frequens*. Débris charbonneux et pyrite abondants.

-178,1 m. Charophytes : *Hemiglobator praecursor*, *Perimneste horrida*, *Flabellachara grovesi*, *Porochara jaccardi*. Ostracodes : *Cypridea dunkeri carinata*, *Cypridea tumescens tumescens*, *Cypridea tumescens praecursor*. Gastéropodes : *Valvata helicoides*, *Gyraulus loryi*. Foraminifères benthiques : *Feurtillia frequens*. Débris charbonneux et pyrite abondants.

-179-179,05 m. Ostracodes : *Cypridea dunkeri carinata*, *Darwinula leguminella*.

-180,15 m (M1b). Charophytes : *Hemiglobator praecursor*, *Perimneste horrida*, *Porochara jaccardi*. Ostracodes : *Cypridea dunkeri carinata*. Gastéropodes : *Valvata helicoides*. Foraminifères benthiques : *Feurtillia frequens*. Pyrite abondante.

B. Forage L 132 (MHNG 60347 à 60350).

1. Formation de Vions (Berriasien supérieur, M5a-M5b ; marnes siliciclastiques riches en pyrite).

-157,6 m. Débris d'Ostréides. Dasycladacées. Ostracodes marins (sporadiques, faune typique de la Formation de Vions). Foraminifères benthiques : *Choffatella pyrenaica*.

-170,5 / -170,25 / -169,8 m. Ostracodes : *Macrodentina (Dictyocythere) mediostricta mediostricta*, *Valendocythere helvetica*, *Valendocythere divisa*, *Bairdia* sp., *Cytherella elongata*, *Cytherella turgida*. Foraminifères benthiques : *Choffatella pyrenaica*.

-176,8 / -175,9 / -175,8 m. Ostracodes : *Macrodentina (Dictyocythere) mediostricta mediostricta*, *Fabanella boloniensis*, *Valendocythere divisa*, *Kentrodictyocythere typica*, *Asciocythere montis*, *Cytherella elongata*.

Foraminifères benthiques : *Choffatella pyrenaica*. Débris d'Échinodermes (Échinides, Crinoïdes, Ophiures, Astéries).

IV. Coupe des Gorges du Verdon, près de Castellane (Alpes-de-Haute-Provence, S.-E de la France), échantillon MHNG 59878 des "Marnes vertes infracrétacées" (Berriasien supérieur terminal, M5b).

Charophytes : *Hemiglobator steinhauseri*, *Perimneste micrandra*, *Perimneste ancora*, *Flabellochara grovesi*, *Porochara jaccardi*, *Porochara fusca*. Ostracodes laguno-lacustres : *Cypridea* gr. *parallela*, *Macrodentina* (*Dictyocythere*) *mediostricta mediostricta*, *Fabanella boloniensis*, *Darwinula leguminella*, *Timiriasevia* sp.,

Lycopterocypris sabaudiae. Ostracodes marins : *Valencythere divisa*, *Cythereis donzei*, *Schuleridea* gr. *mediocaudata*, *Schuleridea* aff. *praethoerenensis*, *Asciocythere* gr. *circumdata-montis*, *Eocytheropteron abundens*, *Parexophthalmocythere berriasensis*. Foraminifères benthiques : Trocholines, Ataxophragmiidés, Lituolidés (*Choffatella pyrenaica*, *Pseudocyclammina*). Cyanophycées (*Cayeuxia* sp.).

V. Coupe du tunnel de l'Épine (Jura français méridional), échantillon MHNG 60336 ; coll. N. Steinhauser, 1969) des couches marneuses et ligniteuses de la Formation de Vions (Berriasien supérieur, M5a).

Charophytes : *Hemiglobator nurrensis*, *Porochara jaccardi*, *Flabellochara grovesi*.

Planche 1

Charophytes de l'Actuel

Population polymorphe de gyrogonites de Characées, collectée en 1990 et 1991 dans un étang d'eau douce de Suisse occidentale (Puidoux-Chexbres, VD).

Chara globularis THUILLIER, 1799.

Fig. A1 : vue apicale.

Fig. A2 : vue basale.

Fig. B à Z : vues latérales.

B : gyrogonite avec coronule apicale calcifiée.

C à N : gyrogonites d'avril- mai.

O à T : gyrogonites de juin-juillet.

U à Z : gyrogonites de juillet et du début août.

MHNG 59666

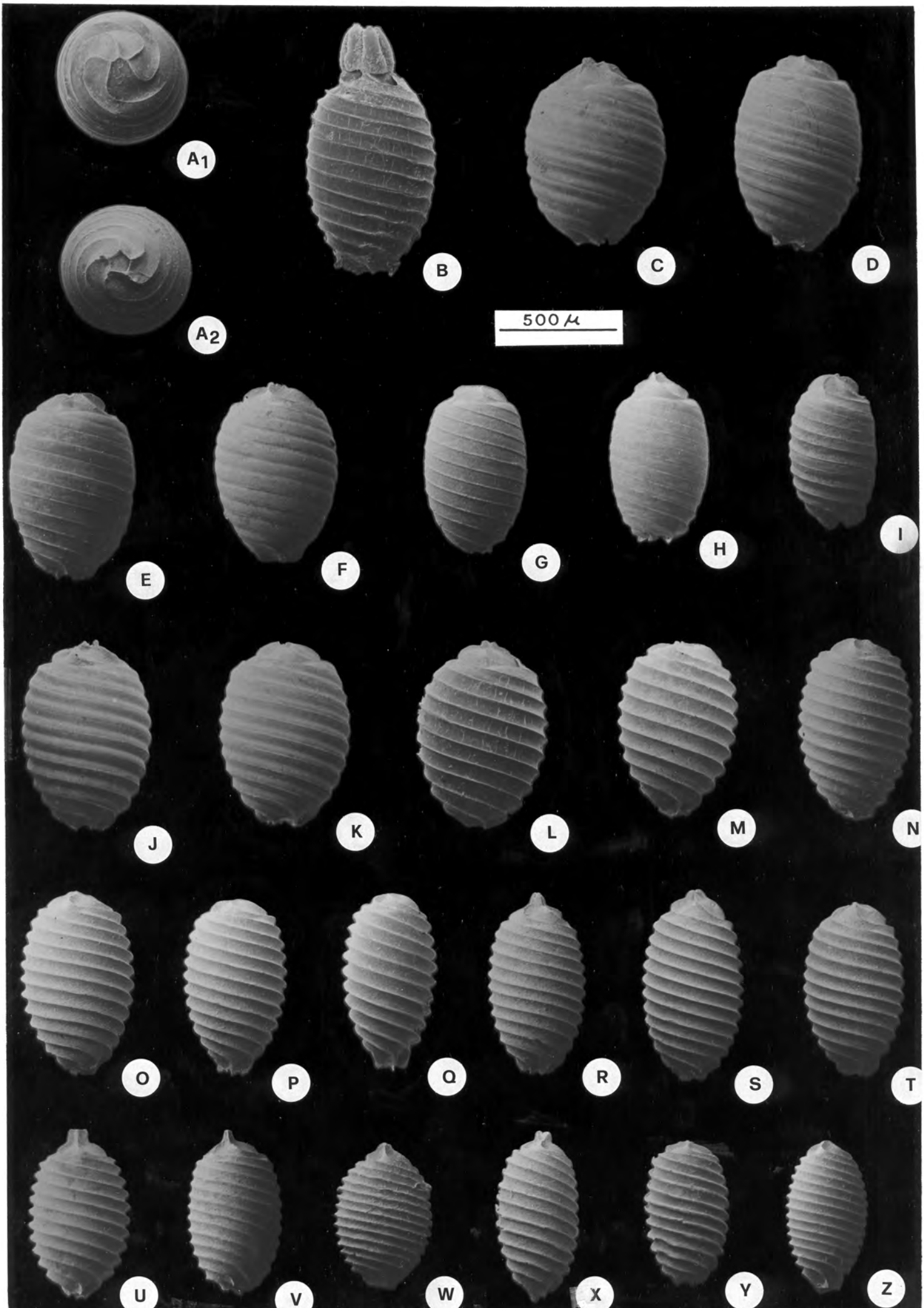


Planche 2

Charophytes de l'Actuel

Population polymorphe de gyrogonites de Characées, collectée en 1988 dans les lagunes saumâtres (milieux hypersalins à dulçaquicoles) du Coorong (zone côtière du Sud-Est de l'Australie).

Lamprothamnium papulosum (WALLROTH, 1833) GROVES, 1916.

Fig. A : vue apicale.

Fig. B : *idem*, après germination.

Fig. C : vue basale.

Fig. D : vue interne montrant la plaque basale simple.

Fig. E : oospore en vue latérale.

Fig. F à R : vues latérales.

MHNG 59665.

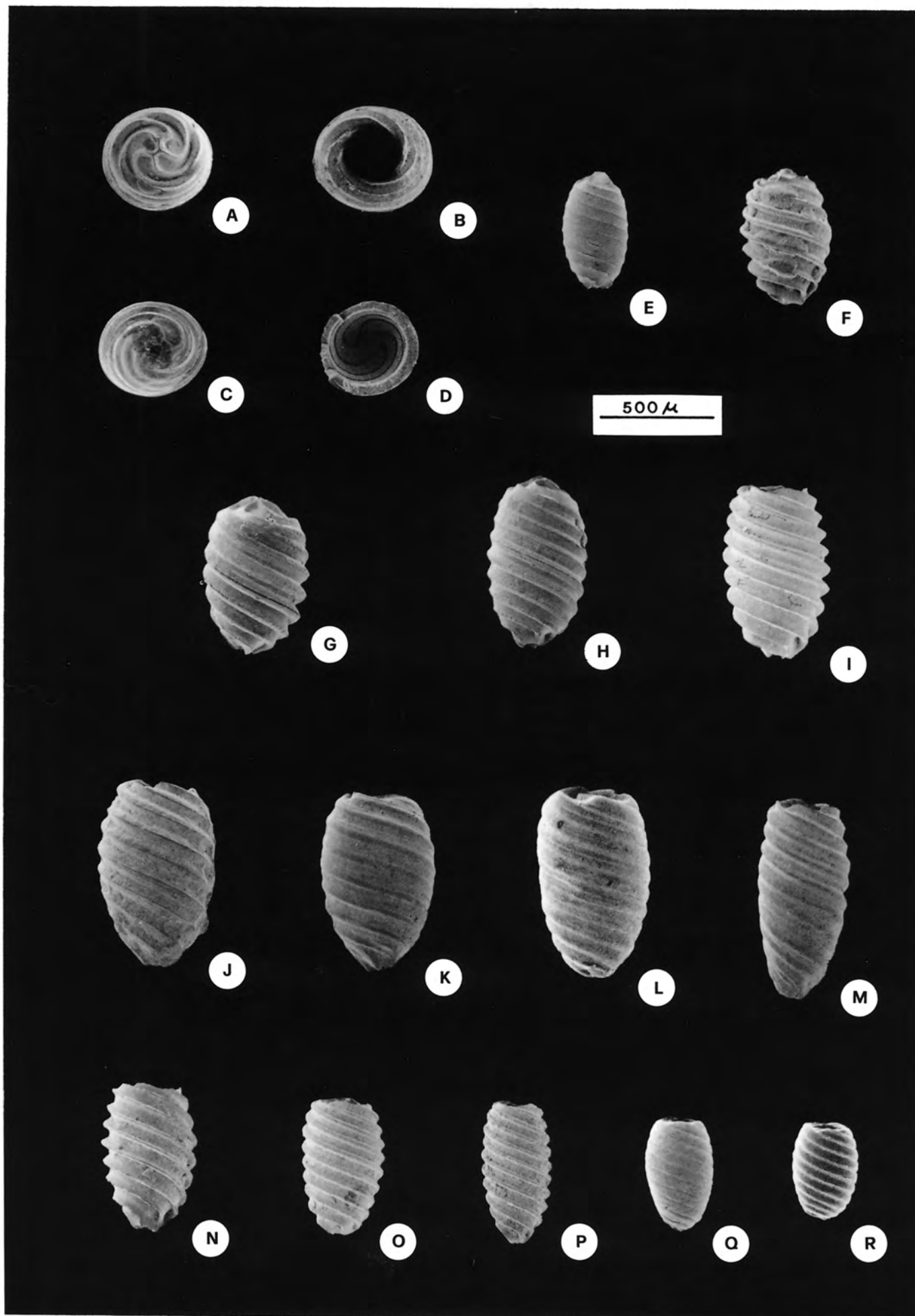


Planche 3

Charophytes fossiles du Mésozoïque

Organisation générale des fructifications des Charophytes du Jurassique–Crétacé (Porocharacées : gyrogonite A-B; Clavatoracées : utricules C à H).

Fig. A-B – *Feistiella bijuescensis* SCHUDACK, 1986.

Berriasien supérieur (Formation de Vions, M5a), Pont-de-la-Dorche [éch. 1506-1507 in Taugourdeau-Lantz et Donze, 1971], Jura français méridional. MHNG 59625.

A : moule interne d'une gyrogonite en vue basale montrant la plaque basale simple (bien visible au centre) et les 5 cellules spiralées sénestres.

B : vue interne de la partie basale de la paroi calcifiée de la gyrogonite figurée en A.

A et B correspondent à deux parties complémentaires appartenant au même spécimen.

Fig. C-D – *Hemiglobator rectispirale* (FEIST, 1995) MOJON, 2002.

Tithonien terminal (M1a), Monts de Chellala [marno-calcaires de Seba Mahjouba, éch. 16-17 in Benest, 1985], Algérie occidentale. USTL CF 2947 (Université des Sciences et Techniques du Languedoc, collection M. Feist).

C : utricule en vue latérale.

D : utricule en vue apicale.

C-D : même spécimen.

Fig. E-F – *Hemiglobator maillardi* (DE SAPORTA, 1891) MOJON, 2002.

Berriasien inférieur terminal (partie sommitale du Purbeckien, sommet des Couches nymphéennes, M3) du Jura central.

E : utricule cassé longitudinalement par la moitié et corrodé (remaniement au niveau de l'Unité Inférieure Oolithique du Berriasien moyen) montrant l'empreinte en forme d'urne de la gyrogonite interne non calcifiée. Carrière Juracime (éch. Ju 47), Jura suisse occidental. MHNG 59593.

F : utricule cassé transversalement en vue basale interne montrant l'empreinte de la gyrogonite à 5 cellules spiralées non calcifiées. Lavans-les-St-Claude (éch. LV 26), Jura français central. MHNG 59593.

Fig. G-H – *Clavator reidi* GROVES, 1924.

Berriasien inférieur (Purbeckien, Couches nymphéennes, M1b), Riedli/Bienne (éch. RB 35), Jura suisse occidental. MHNG 59648.

G : utricule en vue latérale.

H : utricule cassé montrant la couche noduleuse interne.

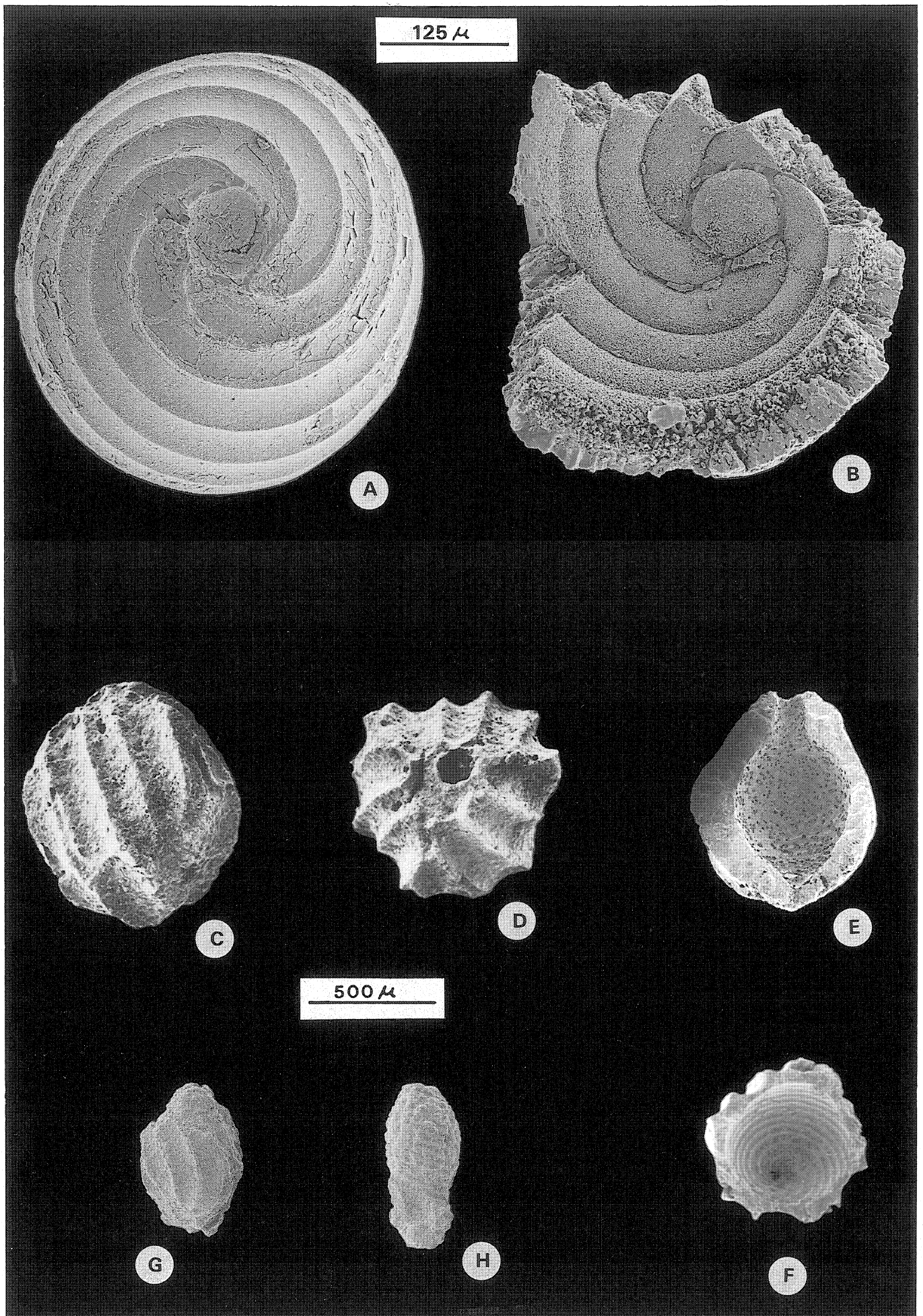


Planche 4

Charophytes du Jurassique moyen (Dogger)

Population polymorphe de gyrogonites de *Porocharacées* du Bathonien inférieur-moyen de la Bourgogne (Est de la France). Niveau laguno-lacustre de la partie basale du Calcaire de Comblanchien, Belles-Baraques (éch. BB4) près de Vesoul (Haute-Saône).

Porochara sublaevis (PECK, 1957) GRAMBAST, 1966.

Fig. A à H : vues latérales (H : moule interne).

Fig. I : vue apicale.

Fig. J : vue basale.

Fig. K à L : moules internes en vues basales montrant la plaque basale bipartite (double).

MHNG 59628.

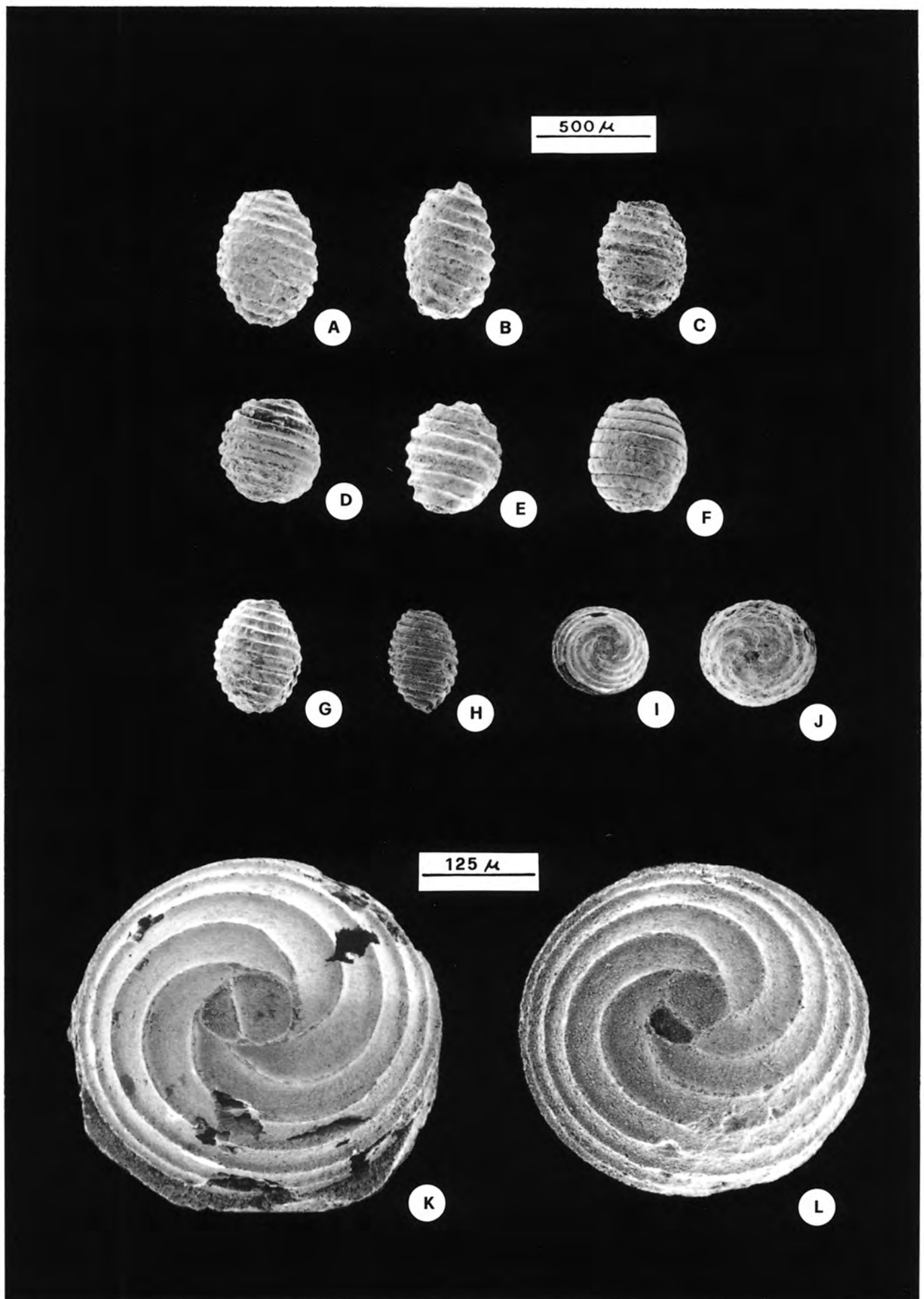


Planche 5

Charophytes du Jurassique supérieur (Malm)

Clavatoracées (utricules A-B), Porocharacées (gyrogonites G1 à G29) et Characées (gyrogonites C à D et H1 à H9) du Séquanien (Oxfordien moyen-supérieur) de Franche-Comté (Est de la France). Niveaux laguno-lacustres des Combottes près de Pontarlier (Doubs), Jura français septentrional. MHNG 59629.

Echinochara pecki (MÄDLER, 1952) GRAMBAST, 1965.

Fig. A-B : éch. Les Combottes 9''.

A : utricule en vue latérale externe.

B : vue latérale d'un utricule cassé montrant l'empreinte interne de la gyrogonite non calcifiée.

Peckisphaera aff. *verticillata* (PECK, 1937) GRAMBAST, 1962.

Fig. C à F : éch. Les Combottes 9''.

C-D : vues latérales.

E : vue apicale.

F : vue basale.

Porochara kimmeridgensis (MÄDLER, 1952) MÄDLER, 1955 emend. MOJON, 1989.

Fig. G1 à G29 : éch. Les Combottes 9''.

G1 à G25 : vues latérales d'une population polymorphe de gyrogonites.

G26 : vue apicale.

G27 : vue basale.

G28-G29 : vues internes de la plaque basale bipartite (double).

Aclistochara bransoni PECK, 1937 emend. PECK, 1957.

Fig. H1 à H9 : éch. Les Combottes 9'.

H1 à H7 : vues latérales d'une population polymorphe de gyrogonites.

H8 : vue apicale.

H9 : vue basale.

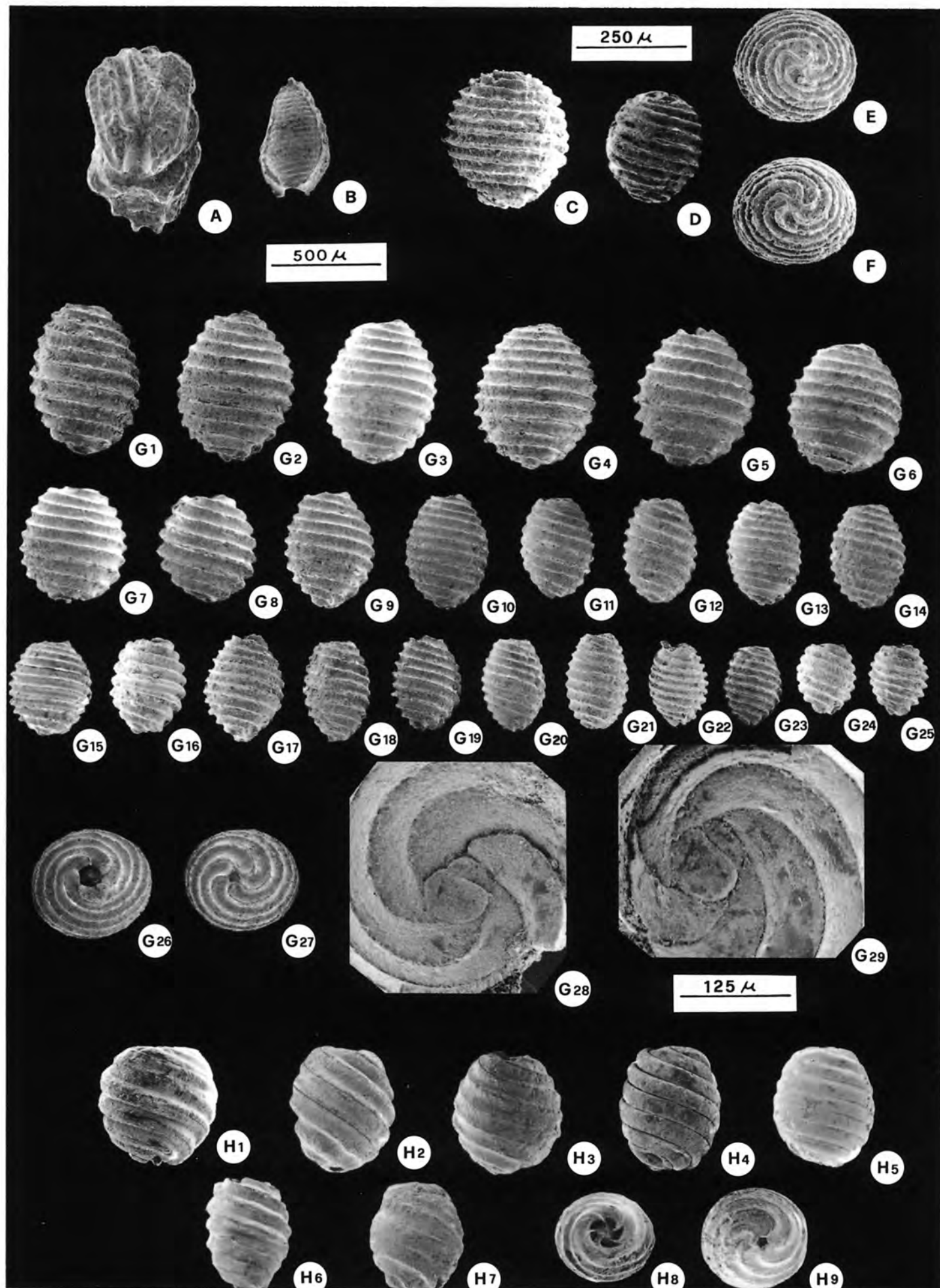


Planche 6

Ostracodes du Jurassique moyen-supérieur

Ostracodes laguno-lacustres du Jurassique moyen (Dogger : A à G) de la Bourgogne (Est de la France) et du Jurassique supérieur (Malm : H à T) du Jura septentrional.

Fig. A à C – *Fabanella bathonica* (OERTLI, 1956).

Bathonien inférieur-moyen (partie basale du Calcaire de Comblanchien), Champlitte (éch. 2) près de Dijon (Haute-Saône). MHNG 59628.

Fig. D à G – *Klieana levis* OERTLI, 1956.

Bathonien inférieur-moyen (partie basale du Calcaire de Comblanchien), Belles-Baraques (éch. BB2) près de Vesoul (Haute-Saône). MHNG 59628.

Fig. H à J – *Cypridea* cf. *postelongata* OERTLI, 1956.

Oxfordien moyen-supérieur (Séquanien, Formation de Clerval, Membre des Tidalites de Mouchard), Les Combottes (éch. 9'') près de Pontarlier (Doubs), Jura français septentrional. H : carapace adulte. I-J : carapaces juvéniles (stades larvaires). MHNG 59630.

Fig. K à N – *Theriosynoecum fluxans* (HELMDACH, 1972).

Oxfordien moyen-supérieur (Séquanien, Formation de Vellerat, Membre des Marnes à *Natica*), Chapelle de Vorbourg (éch. 1, partie inférieure des Marnes à *Natica*) près de Délémont (JU), Jura suisse septentrional. K à N : vues se rapportant à un même spécimen. MHNG 59630.

Fig. O-P – *Cetacella striata* (HELMDACH, 1971).

Les Combottes (éch. 9''). O-P : vues se rapportant à un même spécimen. MHNG 59630.

Fig. Q à T – *Timiriasevia mackerrowi* BATE, 1965.

Les Combottes (éch. 9''). Q à T : vues se rapportant à un même spécimen. MHNG 59630.

Fig. U-V – *Darwinula* sp.

Les Combottes (éch. 9''). MHNG 59630.

A-D-I-K-O-Q-U : vues latérales VD.

E-H-J-L-P-R : vues latérales VG.

B-F-M-S-V : vues ventrales.

C-G-N-T : vues dorsales.

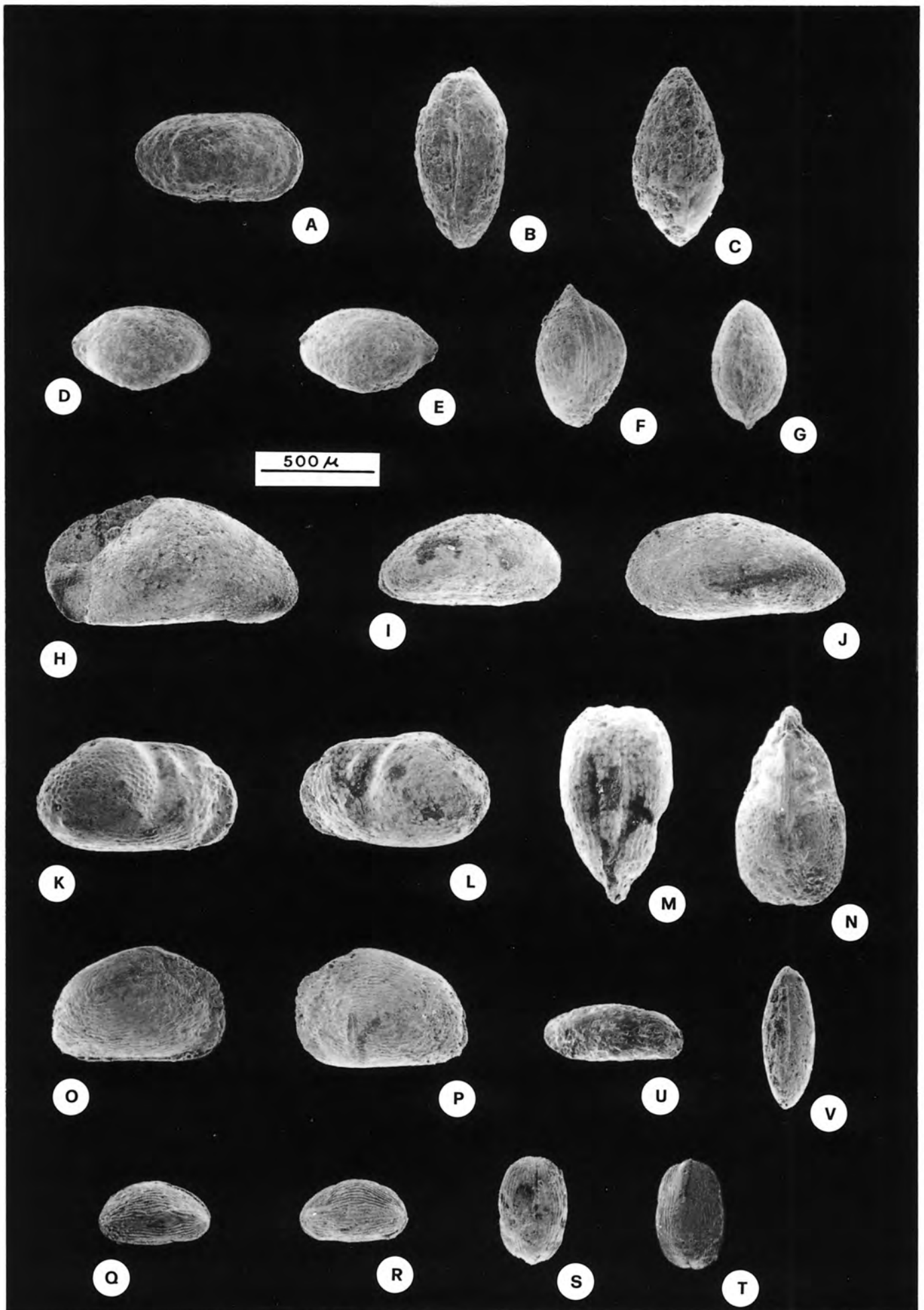


Planche 7

Charophytes du Crétacé basal

Population polymorphe de gyrogonites de Porocharacées des faciès purbeckiens (Berriasien inférieur – moyen basal) du Jura central. MHNG 59624 (D à F : MGL 47380).

Porochara maxima (DONZE, 1955) DONZE, 1958 emend. MOJON, 1989.

Fig. A à P : Riedli/Bienne (éch. RB 35, Couches nymphéennes, Berriasien inférieur, M1b), Jura suisse occidental.

A : vue apicale.

B : vue basale montrant la plaque basale bipartite (double).

C : vue basale interne montrant la plaque basale bipartite.

D à P : vues latérales.

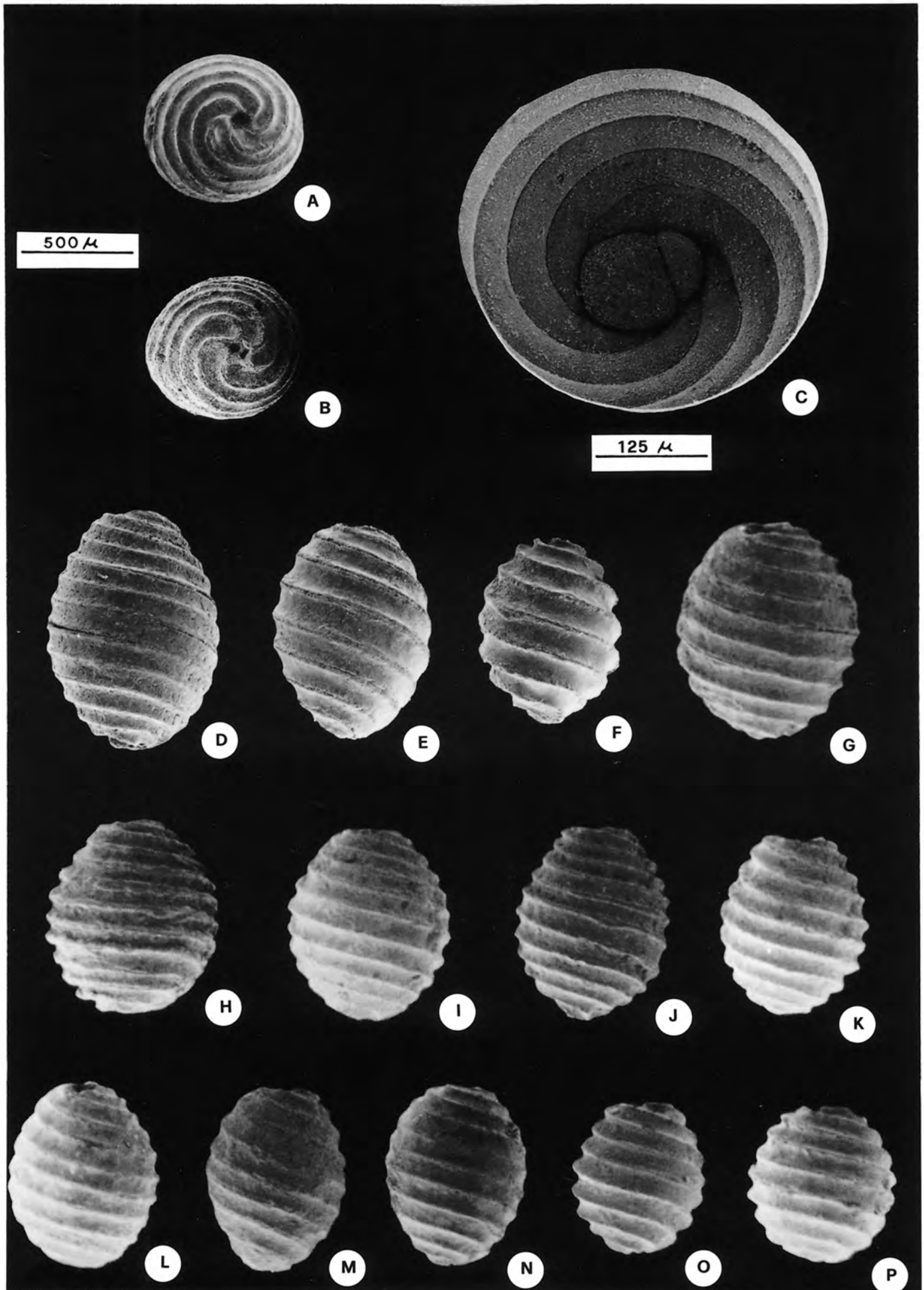


Planche 8

Charophytes du Crétacé basal

Populations à polymorphisme plus ou moins accentué de gyrogonites de Porocharacées des faciès purbeckiens (Berriasien inférieur – moyen basal) du Jura central.

Porochara maxima (DONZE, 1955) DONZE, 1958 emend. MOJON, 1989.

Fig. A1 à A7 : Riedli/Bienne (éch. RB 5, Marnes à gypse, Berriasien basal, M1a), Jura suisse occidental. MHNG 59624.

Fig. B1 à B6 : Riedli/Bienne (éch. RB 23, Couches nymphéennes/Marnes à Fabanelles, Berriasien inférieur, M1b), Jura suisse occidental. MHNG 59624.

Fig. C1 à C15 : Tüscherz près de Bienne (éch. Tü 18, partie supérieure des Couches nymphéenne = éq. éch. RB 35, Berriasien inférieur, M1b), Jura suisse occidental. MHNG 59623.

A1 : vue apicale.

A2 : vue basale montrant la plaque basale bipartite (double).

B1 à C15 : vues latérales.

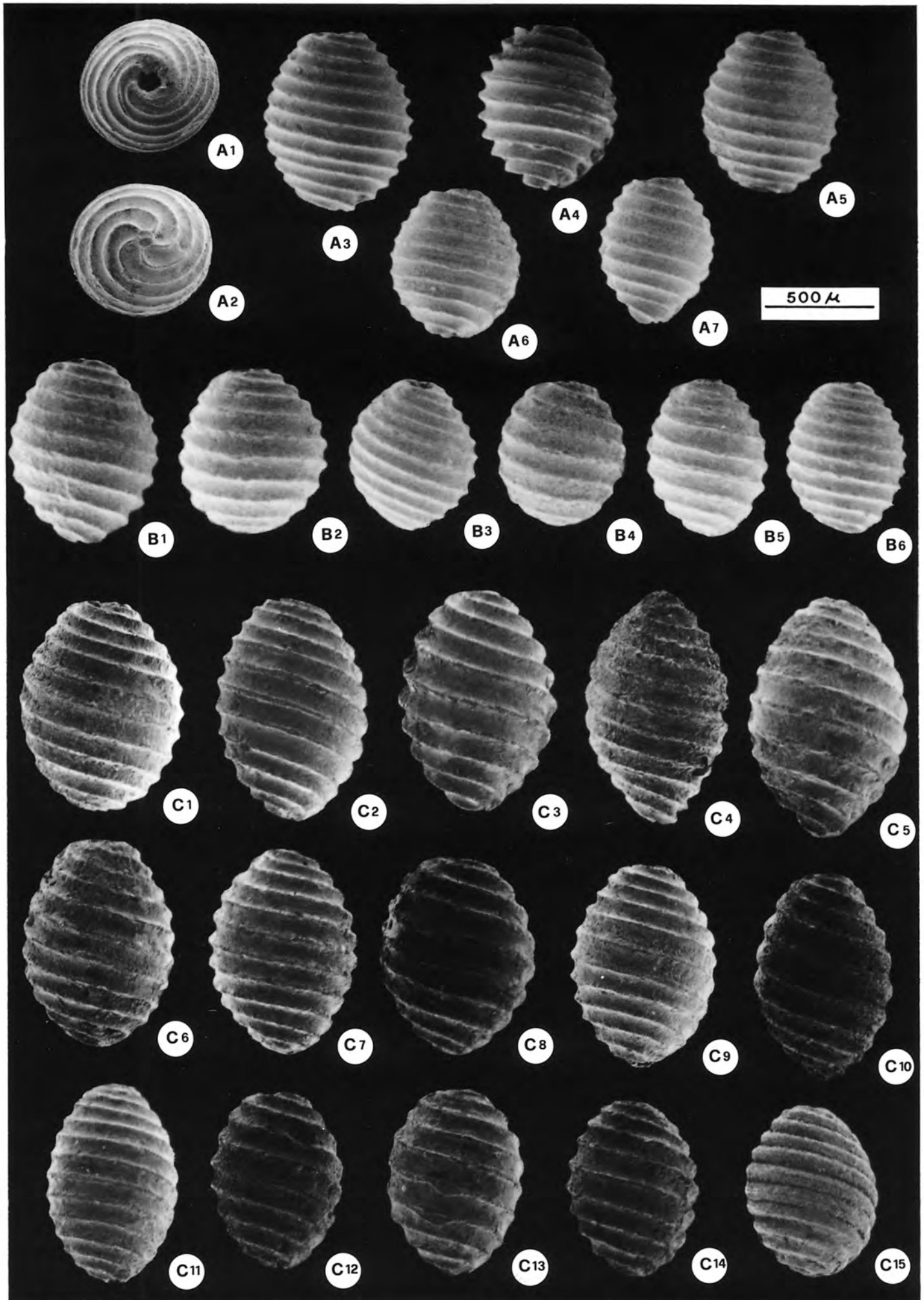


Planche 9

Charophytes du Crétacé basal

Populations à polymorphisme plus ou moins accentué de gyrogonites de Porocharacées des faciès purbeckiens (Berriasien inférieur – moyen basal) du Jura central et des faciès wealdiens (Berriasien supérieur) du Jura méridional et de la Chartreuse (Alpes occidentales, Sud-Est de la France).

Fig. A1 à A8 – *Feistiella bijuescensis* SCHUDACK, 1986.

A1 à A5 et A8 : Pont-de-la-Dorche [éch. 1506-1507 in Taugourdeau-Lantz et Donze, 1971 ; Formation de Vions, Berriasien supérieur, M5a], Jura français méridional. MHNG 59625.

A6-A7 : La Pointière (éch. LPo 34, Formation d'Allèves, Berriasien supérieur, M5a), Chartreuse occidentale. MHNG 59625.

Fig. B1 à B33 – *Porochara maxima* (DONZE, 1955) DONZE, 1958 emend. MOJON, 1989.

Gyrogonites “naines” faisant partie de la même population que celles de la Planche 7. Riedli/Bienne (éch. RB 35, Couches nymphéennes, Berriasien inférieur, M1b), Jura suisse occidental. MHNG 59625 (B1 à B3 et B8 : MGL 47382).

A1-3-6-7, B1 à B3, B8 et B13 à B33 : vues latérales.

A4 et B4 à B6 : vues apicales.

A5 et B9 à B11 : vues basales.

A8 : vue basale interne montrant une plaque basale simple.

B7 : plaque basale isolée en vue externe, de forme pentagonale asymétrique et d'apparence simple (indivise) parce que masquée par un voile de sédiments résiduels.

B12 : vue basale interne montrant une plaque basale bipartite (double).

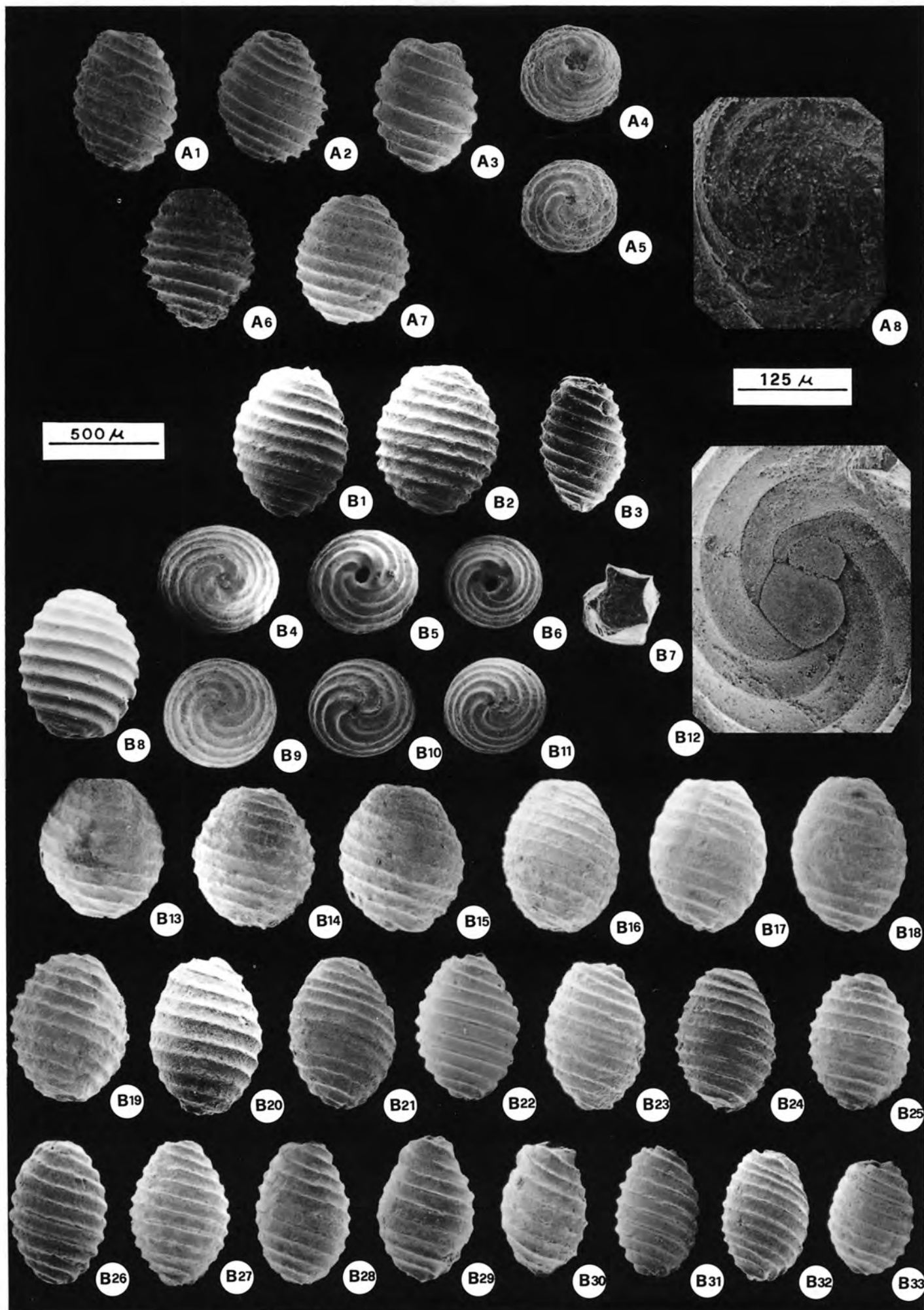


Planche 10

Charophytes du Crétacé basal

Populations polymorphes de gyrogonites de Porocharacées des faciès purbeckiens (Berriasien inférieur – moyen basal) du Jura central et des faciès wealdiens (Berriasien supérieur) du Jura méridional.

Porochara jaccardi (HEER, 1865) MOJON, 1989.

Fig. A1 à A7 : Molard de Vions (éch. MV 38, Formation de Vions, Berriasien supérieur, M5a), Jura français méridional. MHNG 59626.

Fig. B1 à B15 : Lavans-les-St-Claude (éch. LV 26, sommet des Couches nymphéennes, passage Berriasien inférieur – moyen, M3-M4), Jura français central. B1 à B8 : écophénotypes A ; B9 à B15 : écophénotypes B. MHNG 59626.

Fig. C1 à C12 : Riedli/Bienne (éch. RB 39, Couches nymphéennes, Berriasien inférieur, M2), Jura suisse occidental. C4 et C5 : même spécimen. MHNG 59626 (C1 à C3 : MGL 47383).

A1, B6, B14 et C4 : vues apicales.

A2, B7, B15 et C5 : vues basales.

A3 à A7, B1 à B5, B9 à B13, C1 à C3 et C6 à C12 : vues latérales.

B8 : vue interne de la plaque basale bipartite (double).

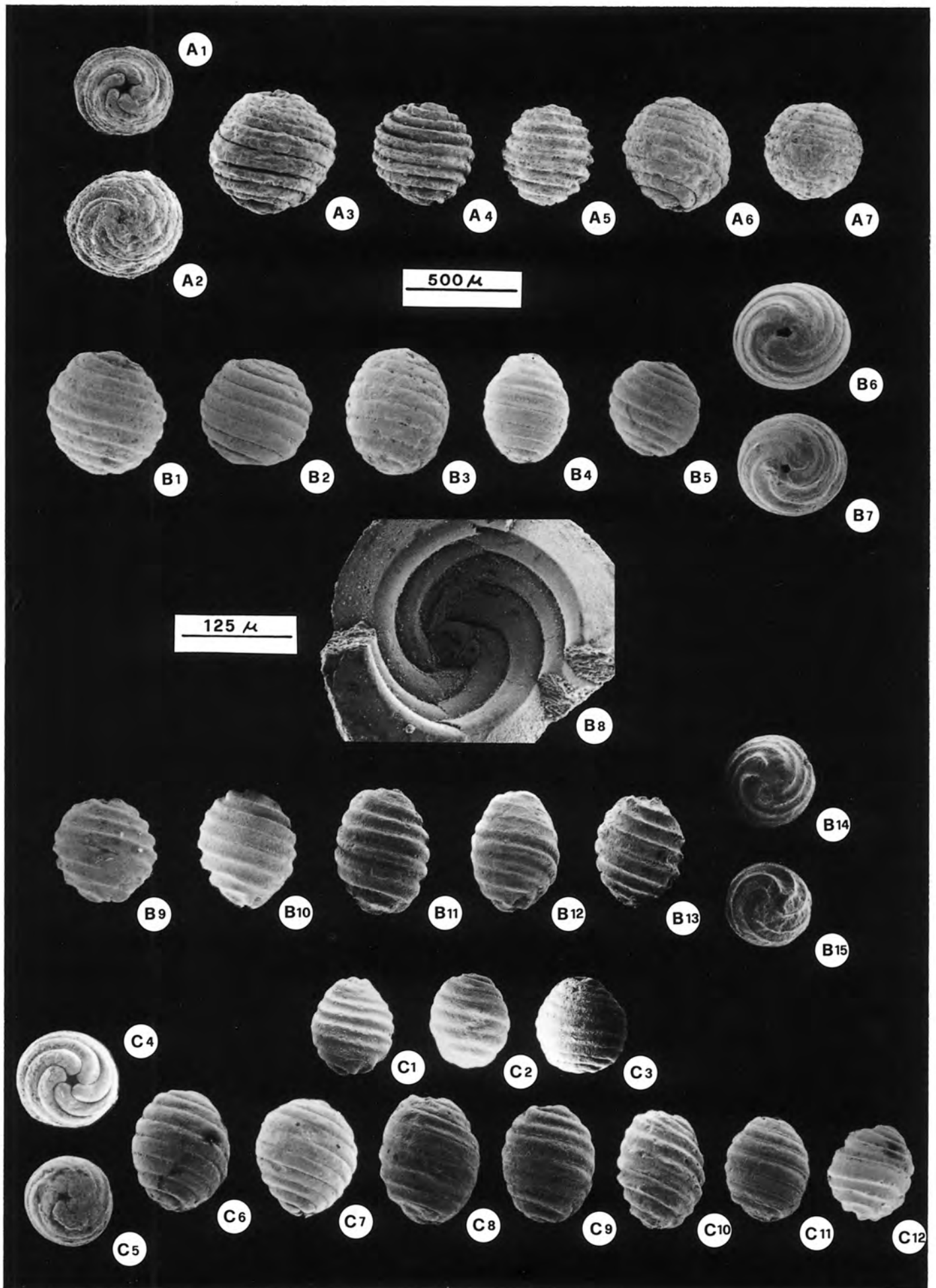


Planche 11

Charophytes du Crétacé basal

Populations polymorphes de gyrogonites de *Porocharacées* des faciès purbeckiens (Berriasien inférieur – moyen basal) du Jura central et méridional.

Porochara fusca (MÄDLER, 1952) MÄDLER, 1955.

Fig. A1 à A8 : Lavans-les-St-Claude (éch. LV 26, sommet des Couches nymphéennes, passage Berriasien inférieur – moyen basal, M3-M4), Jura français central. MHNG 59627.

Fig. B1 à B14 : Riedli/Bienne (éch. RB 5, Marnes à gypse, Berriasien basal, M1a), Jura suisse occidental. MHNG 59627.

Fig. C1 à C11 : Pont-de-la-Dorche (éch. PD 5, Marnes à gypse, Berriasien basal, M1a), Jura français méridional. MHNG 59625.

A1 à A5, B1 à B5 et B8 à B12, C1 à C9 : vues latérales.

A6, B6, B13 et C10 : vues apicales.

A7, B7, B14 et C11 : vues basales.

A8 : moule interne d'une gyrogonite en vue basale montrant la plaque basale bipartite (double).

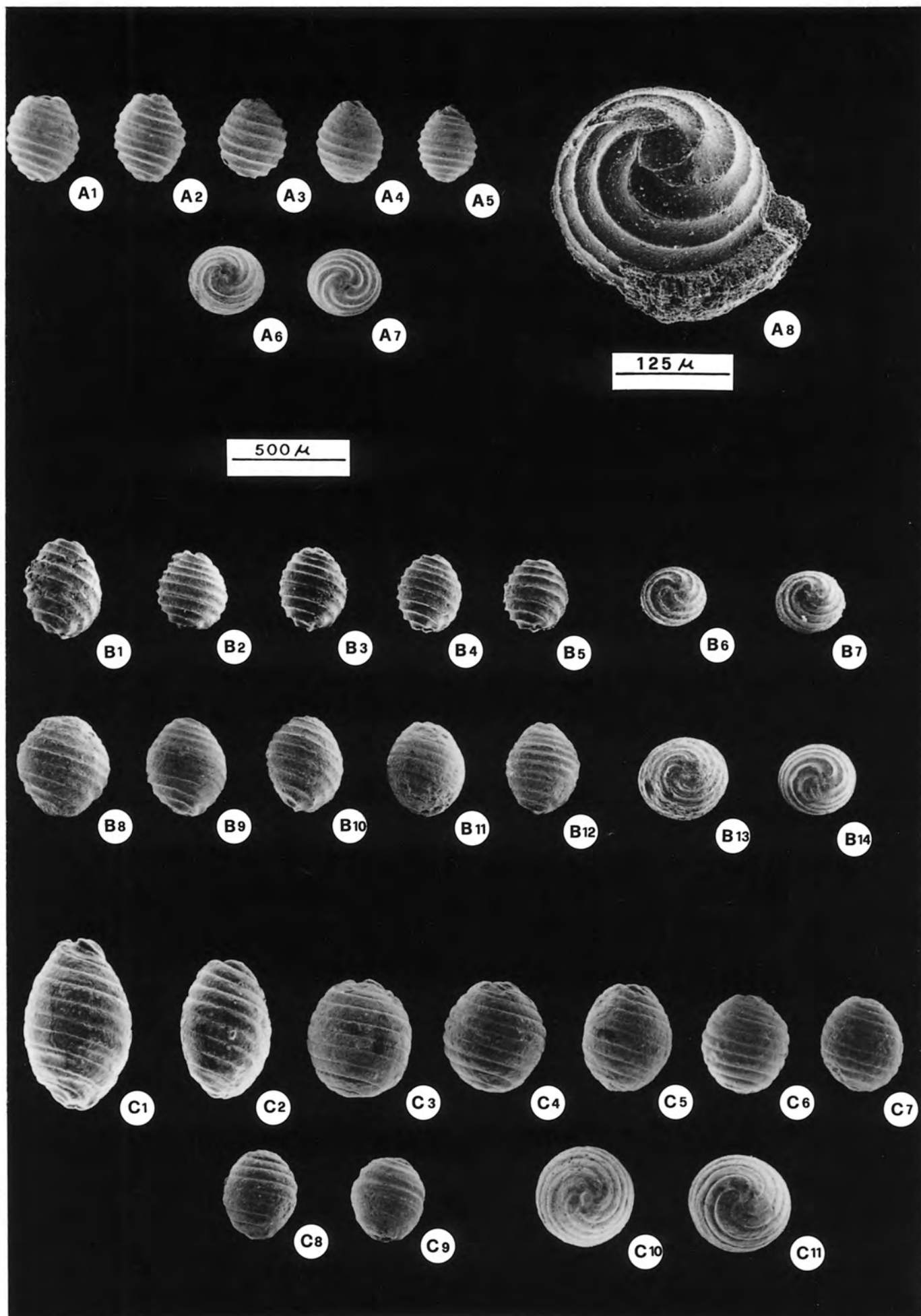


Planche 12

Charophytes du Crétacé basal – inférieur

Gyrogonites de Characées des faciès purbeckiens (Berriasien inférieur – moyen) du Jura central et des faciès wealdiens (Berriasien supérieur et Aptien inférieur/Bédoulien) de la Chartreuse (Alpes occidentales, Sud-Est de la France). MHNG 59627.

Fig. A à D – *Mesochara* gr. *harrisi*.

Berland (éch. Ber 6, Urgonien/Membre BsAia, Aptien inférieur/Bédoulien, M8b), Chartreuse occidentale.

Fig. E à G – *Mesochara* gr. *harrisi*.

La Pointière (éch. LPo 34, Formation d'Allèves, Berriasien supérieur, M5a), Chartreuse occidentale.

Fig. H à M – *Mesochara stipitata* (WANG S., 1965) WANG Z., 1981.

Riedli/Bienne (éch. RB 55, Unité Inférieure Oolithique, Berriasien moyen, M4), Jura suisse occidental.

L-M : gyrogonites après germination.

Fig. N à Q – *Mesochara harrisi* (MÄDLER, 1952) SHAÏKIN, 1967.

Riedli/Bienne (éch. RB 33, Couches nymphéennes, Berriasien inférieur, M1b), Jura suisse occidental.

A-B-E-H-I-L-N-O : vues latérales.

C-F-J-M-P : vues apicales.

D-G-K-Q : vues basales.

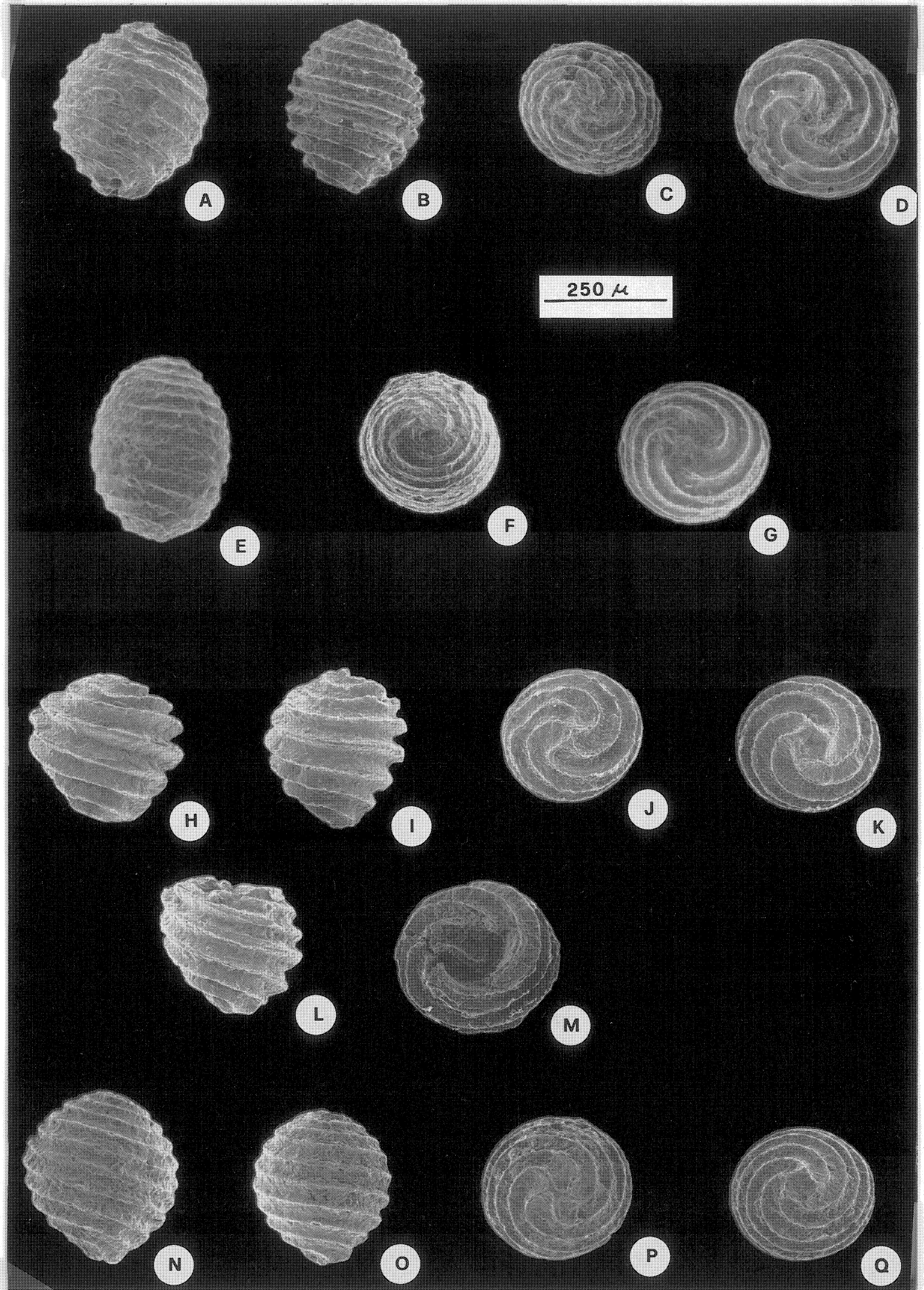


Planche 13

Charophytes du Crétacé basal

Utricules et thalles de Clavatoracées des faciès purbeckiens (Berriasien inférieur – moyen) du Jura central et des faciès wealdiens (Berriasien supérieur) du Jura méridional. MHNG 59621.

Fig. A à K – *Flabellochara grovesi* (HARRIS, 1939) GRAMBAST, 1962.

Les parties végétatives isolées des genres *Flabellochara* et *Munieria* (fragments de thalles) sont couramment nommées “*Charaxis*”, un terme peu pratique à éviter de préférence parce que ne tenant pas compte du lien clairement établi entre les utricules de *Flabellochara* et le type particulier des thalles figurés dans ce travail (A-F ; Planche 15, fig. B ; fig. 76).

Fig. L-M-N – *Clypeator discordis* SHAIKIN, 1976.

Fig. Q-R – *Nodosoclavator bradleyi* (HARRIS, 1939) MASLOV, 1961.

Fig. O-P et S à Y – *Clavator reidi* GROVES, 1924.

A-B : Pont-de-la-Dorche [éch. 1506-1507 in Taugourdeau-Lantz et Donze, 1971 ; Formation de Vions, Berriasien supérieur, M5a], Jura français méridional.

C-P-V : Riedli/Bienne (éch. RB 55, Unité Inférieure Oolithique, Berriasien moyen, M4), Jura suisse occidental.

D-E-F-G-O : Lavans-les-St-Claude (éch. LV 26, sommet des Couches nymphéennes, passage Berriasien inférieur – moyen basal, M3-M4), Jura français central.

H-I-J-K-Q-R-S-T-U-W-X-Y : Riedli/Bienne (éch. RB 35, Couches nymphéennes, Berriasien inférieur, M1b), Jura suisse occidental.

L-M-N : Riedli/Bienne (éch. RB 5, Marnes à gypse, Berriasien basal, M1a), Jura suisse occidental.

A : portion de thalle isolée en vue latérale, montrant la cortication constituée de cellules cunéiformes-allongées.

B-C-D-E-H-I-J-K-L-M-N-O-Q-R-S-T-U-W-X-Y : utricules en vues latérales.

F et V : portions de thalles supportant respectivement encore 2 et 3 utricules.

G : portion de thalle et utricule cassé montrant sa couche interne noduleuse.

P : ensemble de 2 utricules adhérents.

H-Q-T-U : spécimens déjà publiés dans Mojon et Strasser (1987).

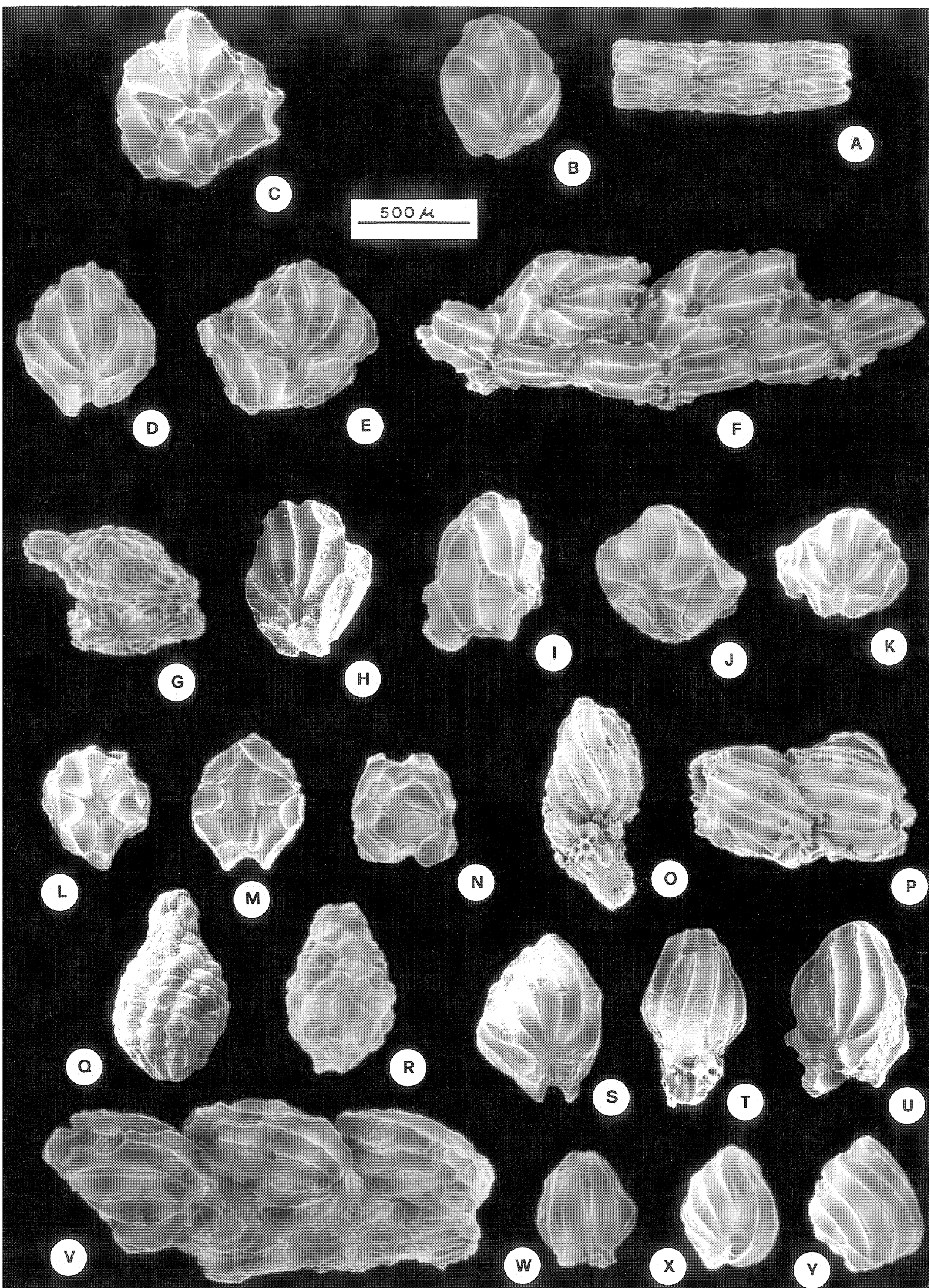


Planche 14

Charophytes du Crétacé basal

Thalles de Clavatoracées des faciès purbeckiens (Berriasien inférieur – moyen basal) du Jura central. MHNG 59622.

Clavator reidi GROVES, 1924.

Fig. A à J : Lavans-les-St-Claude (éch. LV 26, sommet des Couches nymphéennes, passage Berriasien inférieur – moyen basal, M3-M4), Jura français central.

A-B-C : noeuds (B-C : noeuds en connection avec un segment d'entre-noeud) portant chacun un verticille de 6 axes d'ordre secondaire (rameaux ou phylloïdes).

D à J : entre-noeuds.

A et F : axes principaux avec cortication complète constituée d'une couche réticulée externe de cellules épineuses recouvrant les tubes cellulaires corticaux à disposition hélicoïdale.

B-C-D-E-G-H-I-J : axes secondaires avec cortication plus ou moins bien développée, les cellules épineuses d'ordre secondaire présentant, lorsqu'elles existent, une disposition annulaire. En J, cortication de base montrant les tubes cellulaires corticaux à disposition hélicoïdale.

N.B. Les parties végétatives isolées des genres *Clavator*, *Hemiclavator*, *Pseudoglobator* et de certaines *Atopocharoideae* (fragments de thalles) sont couramment nommées "*Charaxis*", un terme peu pratique à éviter de préférence lorsque cela est possible parce qu'il ne tient pas compte du lien clairement établi entre les utricules des formes citées et le type particulier des thalles figurés dans ce travail (fig. 75-77 ; Planches 44, 51, 53, 56, 57, 58).

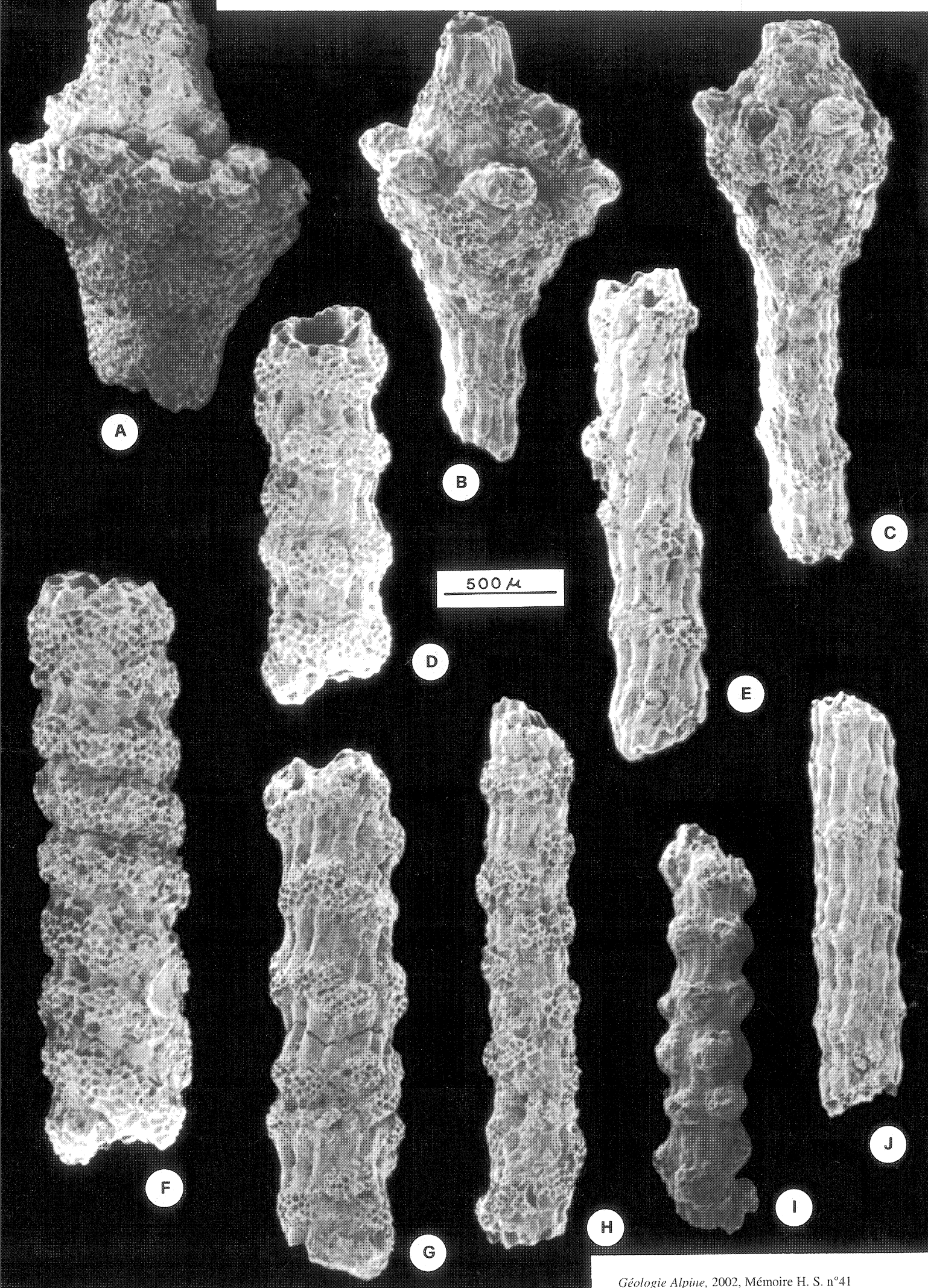


Planche 15

Charophytes du Crétacé basal

Thalles de Clavatoracées des faciès purbeckiens (Berriasien inférieur – moyen basal) du Jura central. MHNG 59622.

Flabellochara grovesi (HARRIS, 1939) GRAMBAST, 1962.

Fig. A à F : Lavans-les-St-Claude (éch. LV 26, sommet des Couches nymphéennes, passage Berriasien inférieur – moyen basal, M3-M4), Jura français central.

A et D : entre-noeuds à cortication bien développée, constituée d'une couche réticulée externe de cellules épineuses polygonales.

C-E-F : segments de thalles montrant la cortication de base à larges cellules cunéiformes-allongées sur les entre-noeuds et une cortication supplémentaire de cellules épineuses polygonales formant des anneaux réticulés sur les noeuds.

B : segment de thalle à cortication de base présentant un utricule immature encore adhérent (à droite).

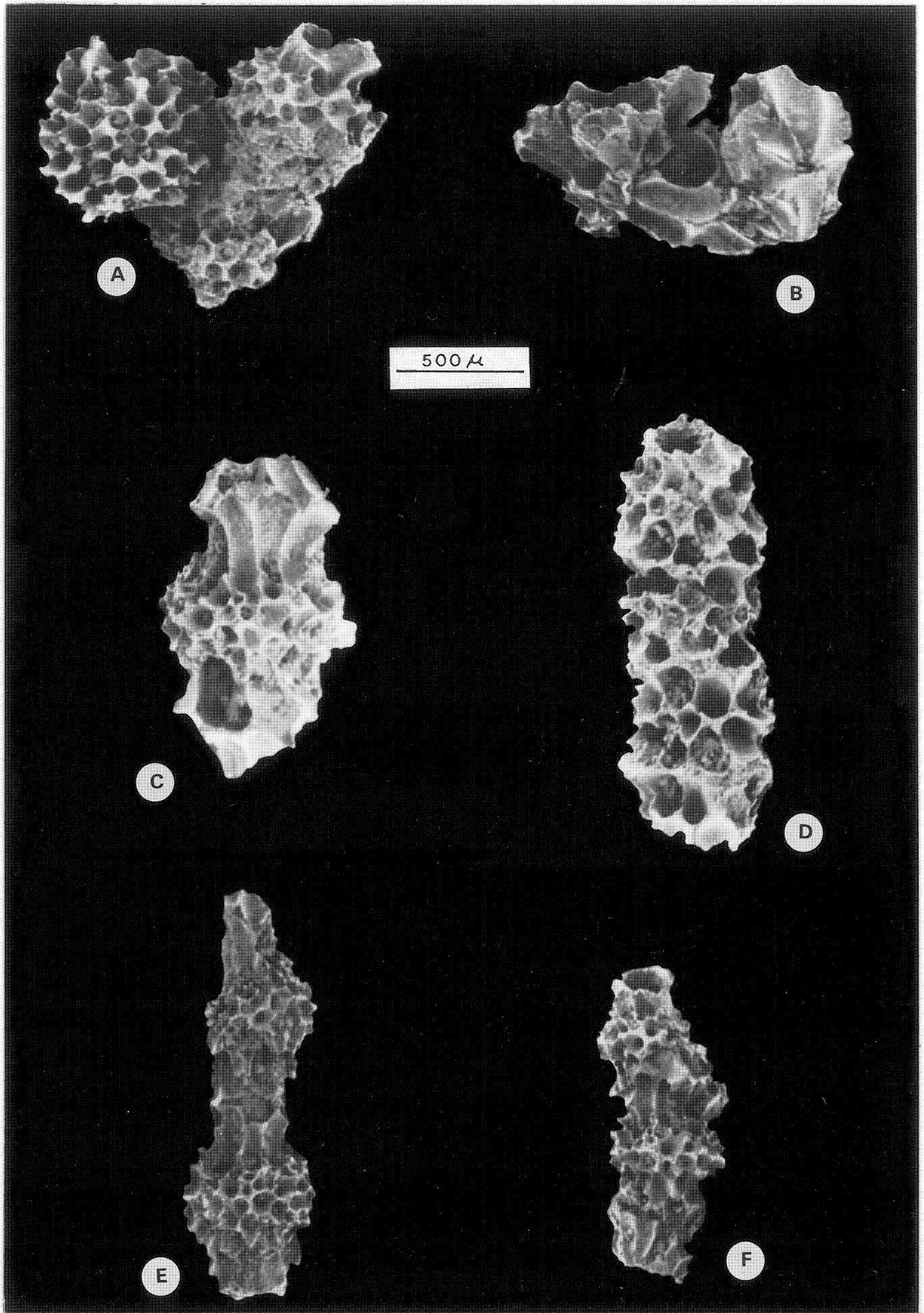


Planche 16

Charophytes du Crétacé basal

Utricules de Clavatoracées des faciès purbeckiens (Berriasien inférieur – moyen) et wealdiens (Berriasien supérieur) du Jura central et méridional. MHNG 59620.

Fig. A-B et D-G – *Perimneste micrandra* GRAMBAST, 1967.

A-B : Molard de Vions (éch. MV 45, Formation de Vions, Berriasien supérieur terminal, M5b), Jura français méridional.

D : Riedli/Bienne (éch. RB 55, Unité Inférieure Oolithique, Berriasien moyen, M4), Jura suisse occidental.

G : Lavans-les-St-Claude (éch. LV 26, sommet des Couches nymphéennes, passage Berriasien inférieur – moyen basal, M3-M4), Jura français central.

Fig. C-E-F-H et I à K – *Perimneste horrida* HARRIS, 1939.

C-E : Riedli/Bienne (éch. RB 55).

F-H-I-J-K : Lavans-les-St-Claude (éch. LV 26).

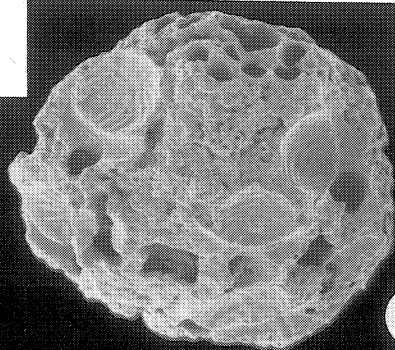
A-B-D-E-F-G : vues latérales.

C : vue apicale.

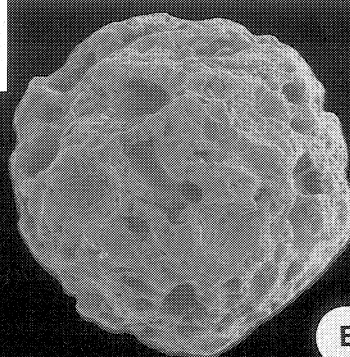
H : vue apicale interne d'un utricule cassé montrant l'empreinte de 5 cellules spiralées de la gyrogonite non calcifiée.

I-J-K : vues de détail des anthéridies de F.

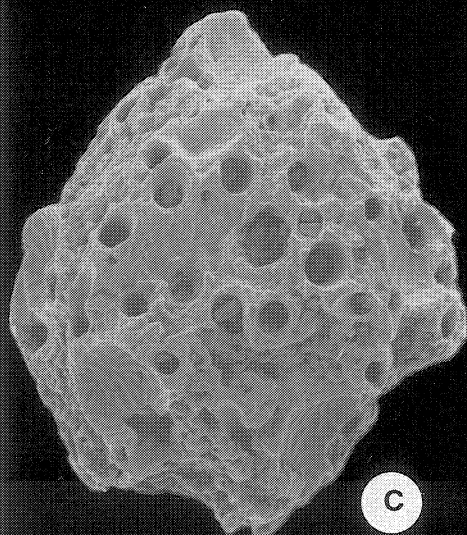
500 μ



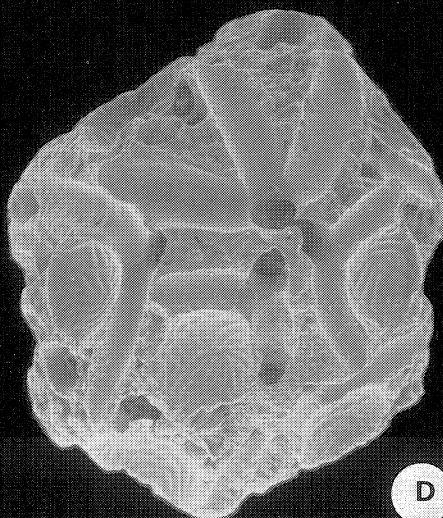
A



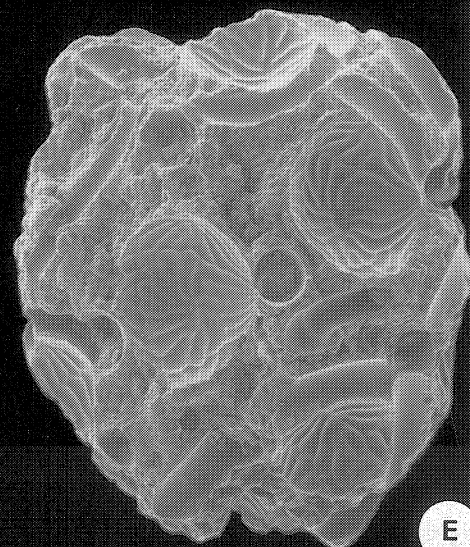
B



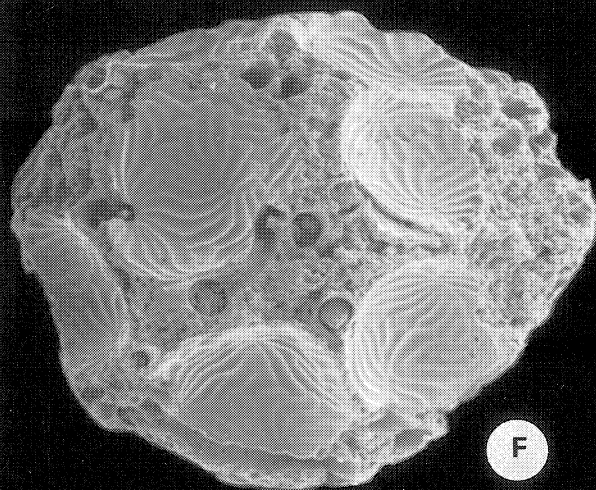
C



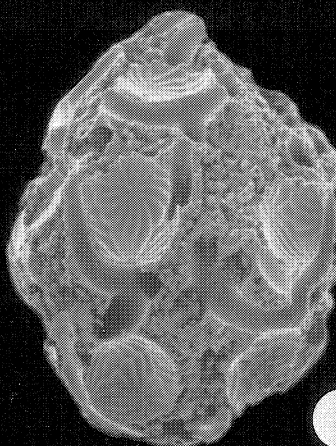
D



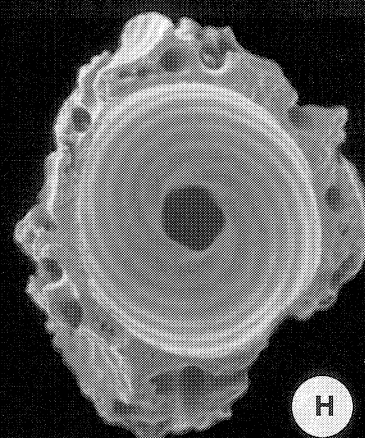
E



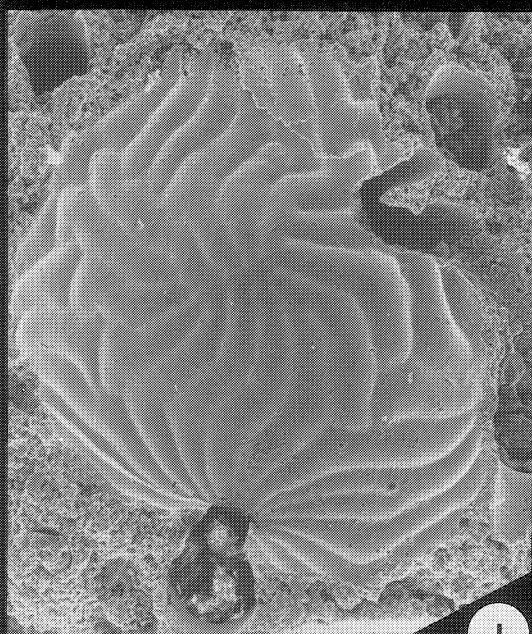
F



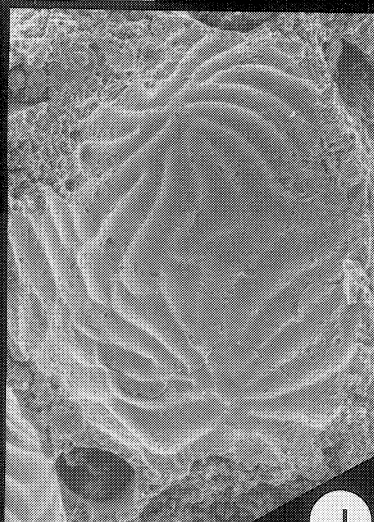
G



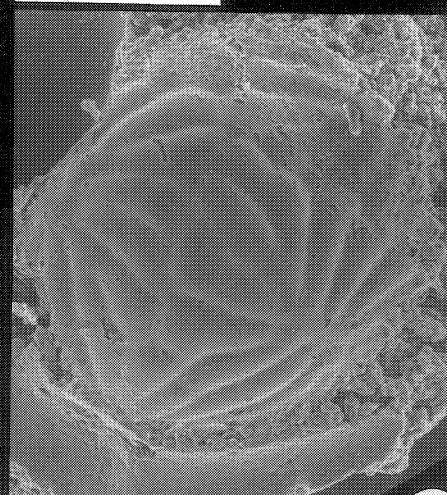
H



I



J



K

350 μ

200 μ

Planche 17

Charophytes du Crétacé basal

Utricules de Clavatoracées des faciès purbeckiens (Berriasien inférieur – moyen) du Jura central. MHNG 59617.

Fig. A à E – *Dictyoclavator neocomiensis* MOJON, 1989.

Riedli/Bienne (éch. RB 55, Unité Inférieure Oolithique, Berriasien moyen, M4), Jura suisse occidental.

Fig. F à H – *Dictyoclavator fieri* (DONZE, 1955) GRAMBAST, 1966.

Thoirette (éch. Th 38, Couches nymphéennes, Berriasien inférieur, M1b), Jura français central.

A-C-F : vues latérales distales.

B-D-G-H : vues latérales proximales.

E : vue basale interne d'un utricule cassé montrant l'empreinte des 5 cellules spiralées de la gyrogonite non calcifiée.

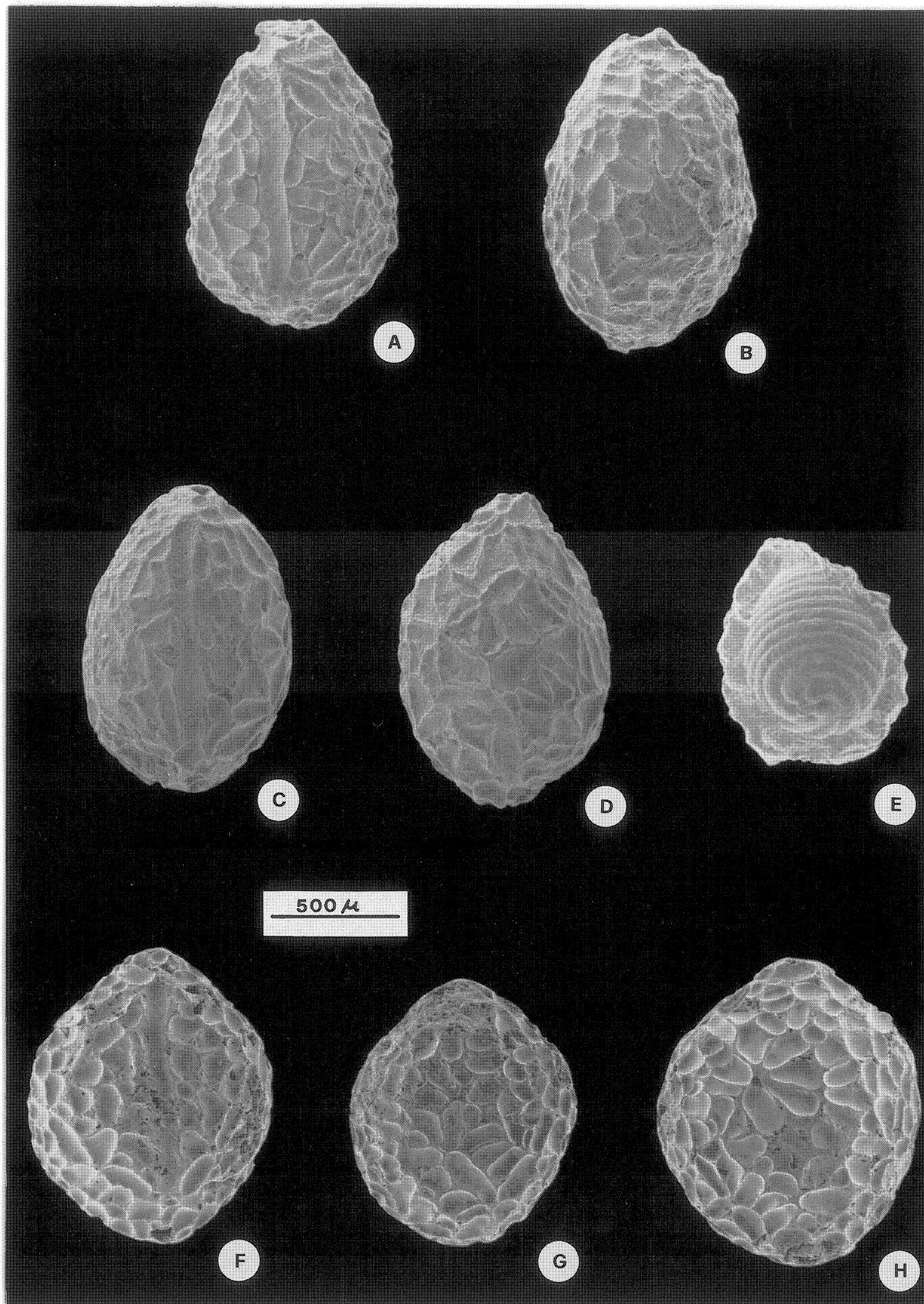


Planche 18

Charophytes du Crétacé basal

Utricules de Clavatoracées des faciès purbeckiens (Berriasien inférieur) du Jura central et méridional. MHNG 59593.

Fig. A à D – *Hemiglobator maillardi* (DE SAPORTA, 1891) MOJON, 2002.

Sommet des Couches nymphéennes, Berriasien inférieur terminal, M3. Lavans-les-St-Claude (éch. LV 26), Jura français central.

Fig. E à L – *Hemiglobator protoincrassatus* (MOJON, 1989) MOJON, 2002.

Partie supérieure des Couches nymphéennes, Berriasien inférieur, M2.

E-F-G-H : route St-Claude – Cinquétral (éch. SCI 30), Jura français central.

I-J : Lavans-les-St-Claude (éch. LV 23), Jura français central.

K : Crozet (éch. Cr 100), Jura français méridional.

L : Poizat (éch. Po 13-14), Jura français central.

Fig. M à R – *Hemiglobator praecursor* (MOJON, 1989) MOJON, 2002.

Couches nymphéennes, Berriasien inférieur, M1b.

M-N-O-P : route St-Claude – Cinquétral (éch. SCI 10).

Q-R : Riedli/Bienne (éch. RB 35), Jura suisse occidental.

A-B-E-F-I-J-K-L-M-N-Q-R : vues latérales.

C-G-O : vues apicales.

D-H-P : vues basales.

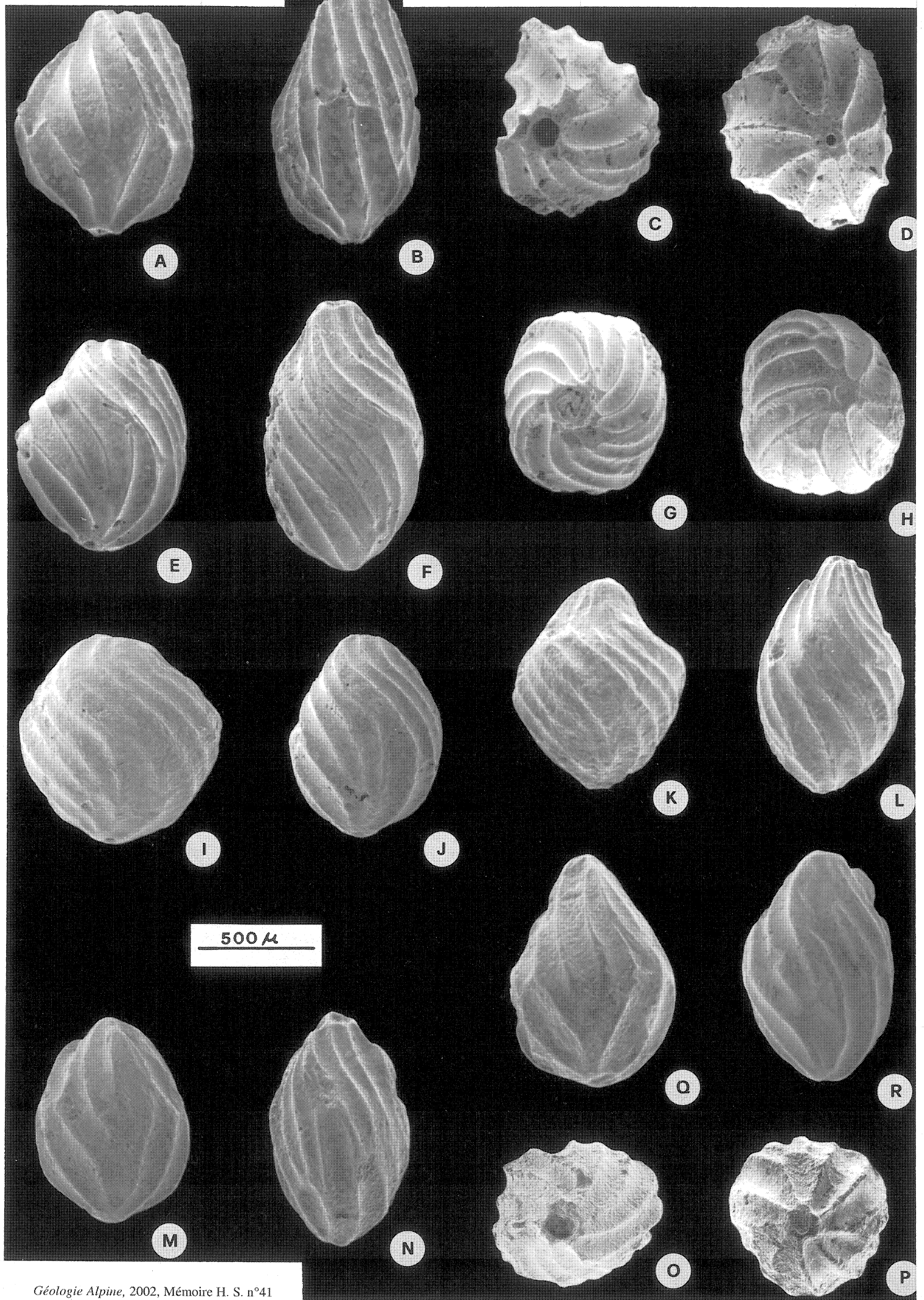


Planche 19

Charophytes du Crétacé basal

Utricules de Clavatoracées de la partie sommitale des faciès purbeckiens (Berriasien moyen) du Jura central. MHNG 59597.

Fig. A à H – *Hemiglobator neocomiensis* MOJON, 2002.

Riedli/Bienne (éch. RB 55, Unité Inférieure Oolithique, Berriasien moyen, M4), Jura suisse occidental.

A-B-C-D-E-F : vues latérales.

G : vue apicale.

H : vue basale.

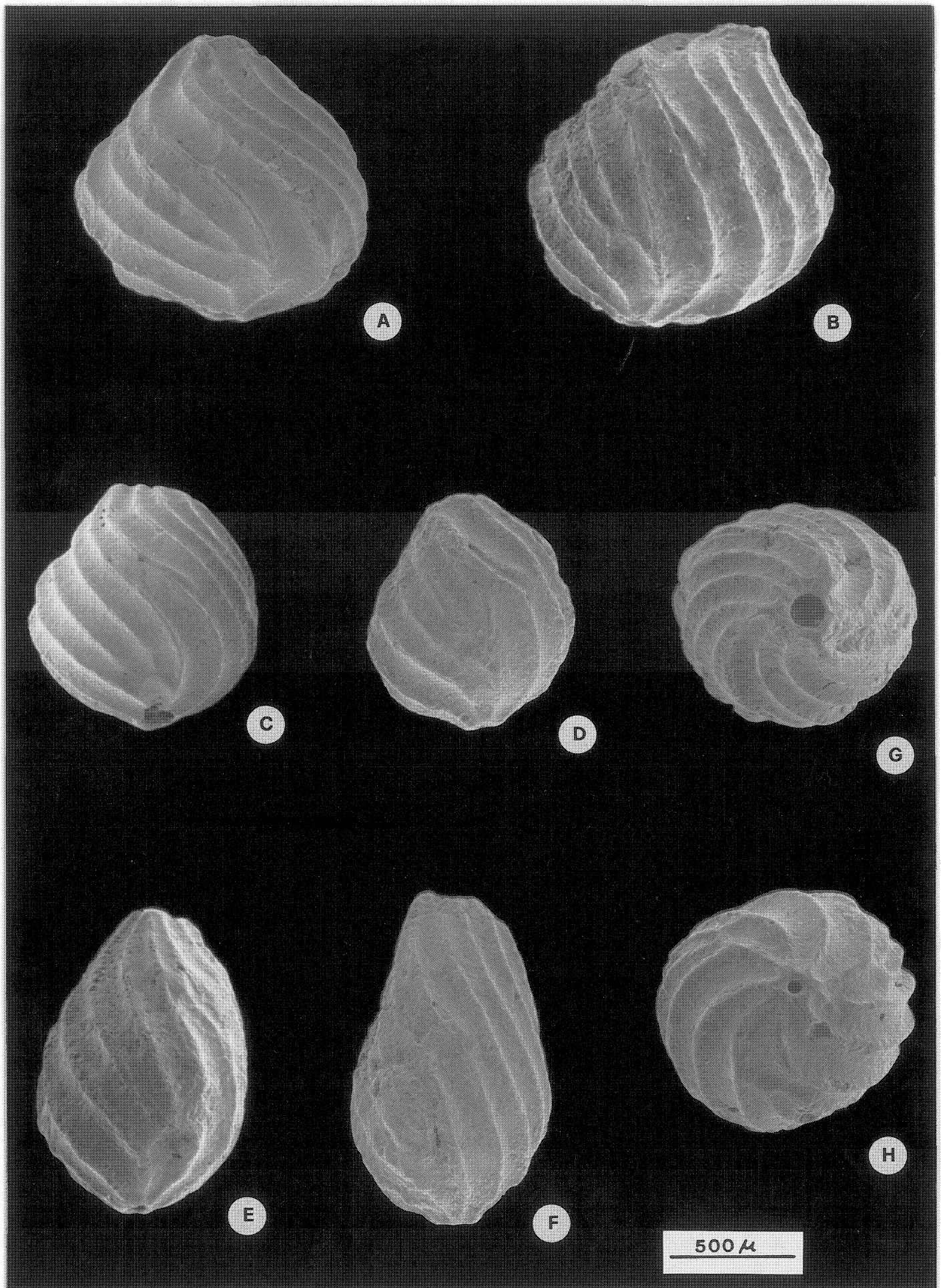


Planche 20

Charophytes du Crétacé basal

Utricules de Clavatoracées des faciès wealdiens (Formation de Vions, Berriasien supérieur) du Jura méridional. MHNG 59600.

Fig. A à H – *Hemiglobator steinhauseri* (MOJON, 1989) MOJON, 2002.

Molard de Vions (éch. MV 45, Berriasien supérieur terminal, M5b), Jura français méridional.

Fig. I à L – *Hemiglobator nurrensis* (PECORINI, 1969) (GRAMBAST, 1974 ex FEIST & GRAMBAST-FESSARD, 1984) MOJON, 2002.

Pont-de-la-Dorche [éch. 1506-1507 in Taugourdeau-Lantz et Donze, 1971; Berriasien supérieur, M5a], Jura français méridional.

A-B-G-H-I-J-K-L : vues latérales.

C-F : vues apicales.

D-E : vues basales.

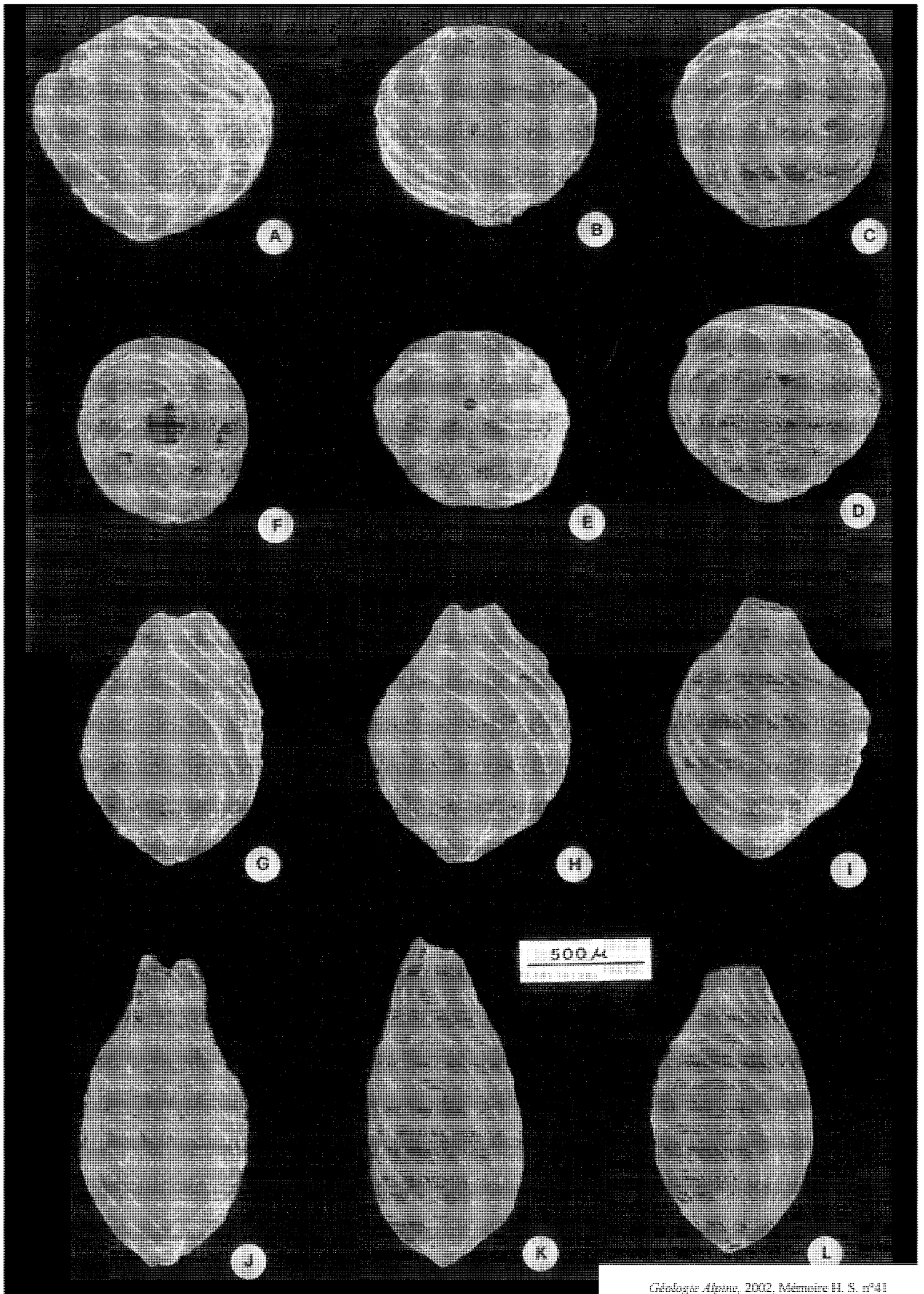


Planche 21

Ostracodes du Crétacé basal

Fig. A-B-C – *Cypridea dunkeri carinata* MARTIN, 1940.

Riedli/Bienne (éch. RB 35, Couches nymphéennes, Berriasien inférieur, M1b), Jura suisse occidental. MHNG 59636.

Fig. D-E-F – *Cypridea tuberculata oertlii* MOJON, 1989.

Rare espèce endémique. Lavans-les-St-Claude (éch. LV 26, sommet des Couches nymphéennes, passage Berriasien inférieur – moyen basal, M3-M4), Jura français central. MHNG 59636.

Fig. G-H-I – *Cypridea binodosa* MARTIN, 1940.

Espèce boréale rare dans le Jura. Bonlieu (éch. Bo 13, Couches nymphéennes, Berriasien inférieur, M1b), Jura français central. MHNG 59636.

Fig. J-K-L-M – *Cypridea mirabilis* MOJON, 1989.

Riedli/Bienne (éch. RB 5, Marnes à gypse, Berriasien basal, M1a), Jura suisse occidental. MHNG 59634.

A-D-G-J-L : vues latérales VD.

B-E-H-K-M : vues latérales VG.

C-F-I : vues dorsales.

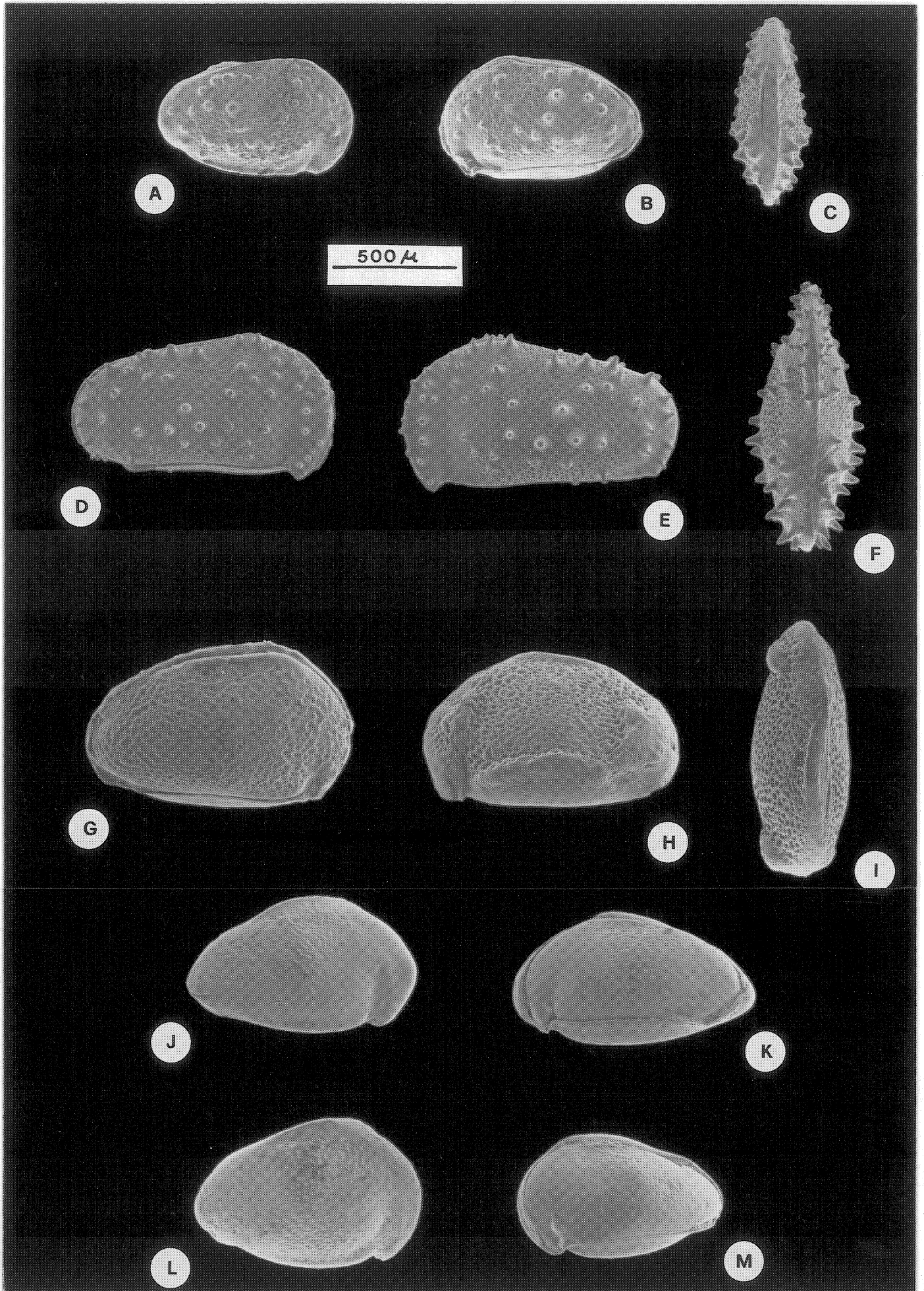


Planche 22

Ostracodes du Crétacé basal

Ostracodes laguno-lacustres des faciès purbeckiens (Berriasien inférieur – moyen basal) du Jura central. MHNG 59643.

Fig. A-B – *Cypridea tumescens tumescens* (ANDERSON, 1939).

Riedli/Bienne (éch. RB 35, Couches nymphéennes, Berriasien inférieur, M1b), Jura suisse occidental.

Fig. C-D – *Cypridea tumescens praecursor* OERTLI, 1963.

Lavans-les-St-Claude (éch. LV 26, sommet des Couches nymphéennes, passage Berriasien inférieur – moyen basal, M3-M4), Jura français central.

Fig. E-F-G-H – *Cypridea tumescens acrobeles* ANDERSON, 1971.

Riedli/Bienne (éch. RB 5, Marnes à gypse, Berriasien basal, M1a), Jura suisse occidental.

A-C-E-G : vues latérales VD.

B-D-F-H : vues latérales VG.

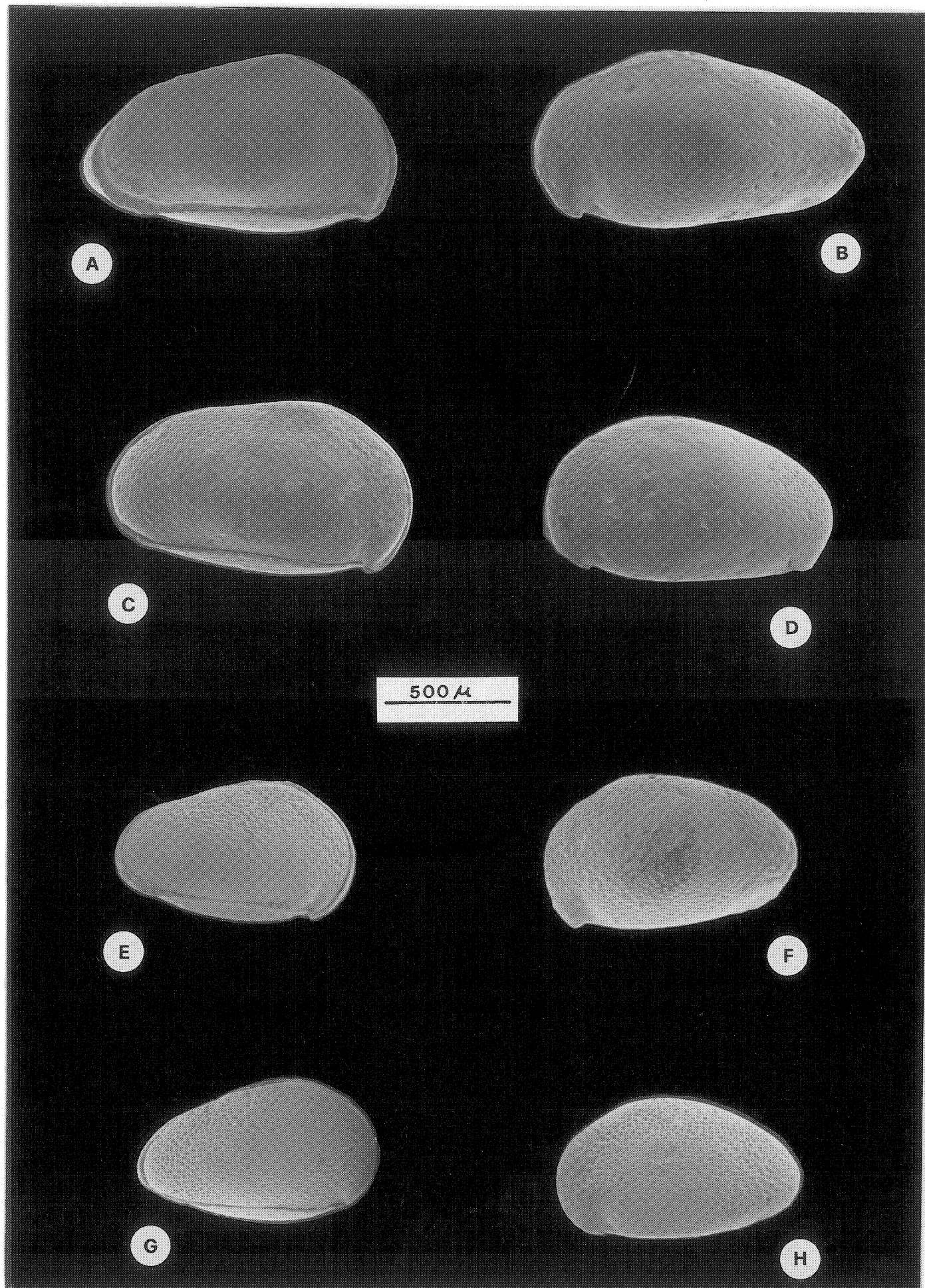


Planche 23

Ostracodes du Crétacé basal

Ostracodes laguno-lacustres des faciès purbeckiens (Berriasien inférieur – moyen basal) du Jura central.

Fig. A-B-C – *Cypridea* gr. *peltoides* ANDERSON, 1971.

Lavans-les-St-Claude (éch. LV 26, sommet des Couches nymphéennes, passage Berriasien inférieur – moyen basal, M3-M4), Jura français central. MHNG 59642.

Fig. D à L – *Cypridea* gr. *peltoides*.

Riedli/Bienne (éch. RB 35, Couches nymphéennes, Berriasien inférieur, M1b), Jura suisse occidental.
D-E : même spécimen ; F-J : même spécimen. MHNG 59642.

Fig. M-N-O – *Cypridea* n. sp. 5 [dét. H.J. Oertli in Häfeli, 1966].

Résultat d'une hybridation probable entre *Cypridea* gr. *peltoides* et *Cypridea* gr. *tumescens* d'après les caractères intermédiaires entre ces deux espèces. Riedli/Bienne (éch. RB 35). MHNG 59643.

A-D-G-I-J-L-N : vues latérales VD.

B-E-H-K-M-O : vues latérales VG.

C : vue ventrale.

F : vue dorsale.

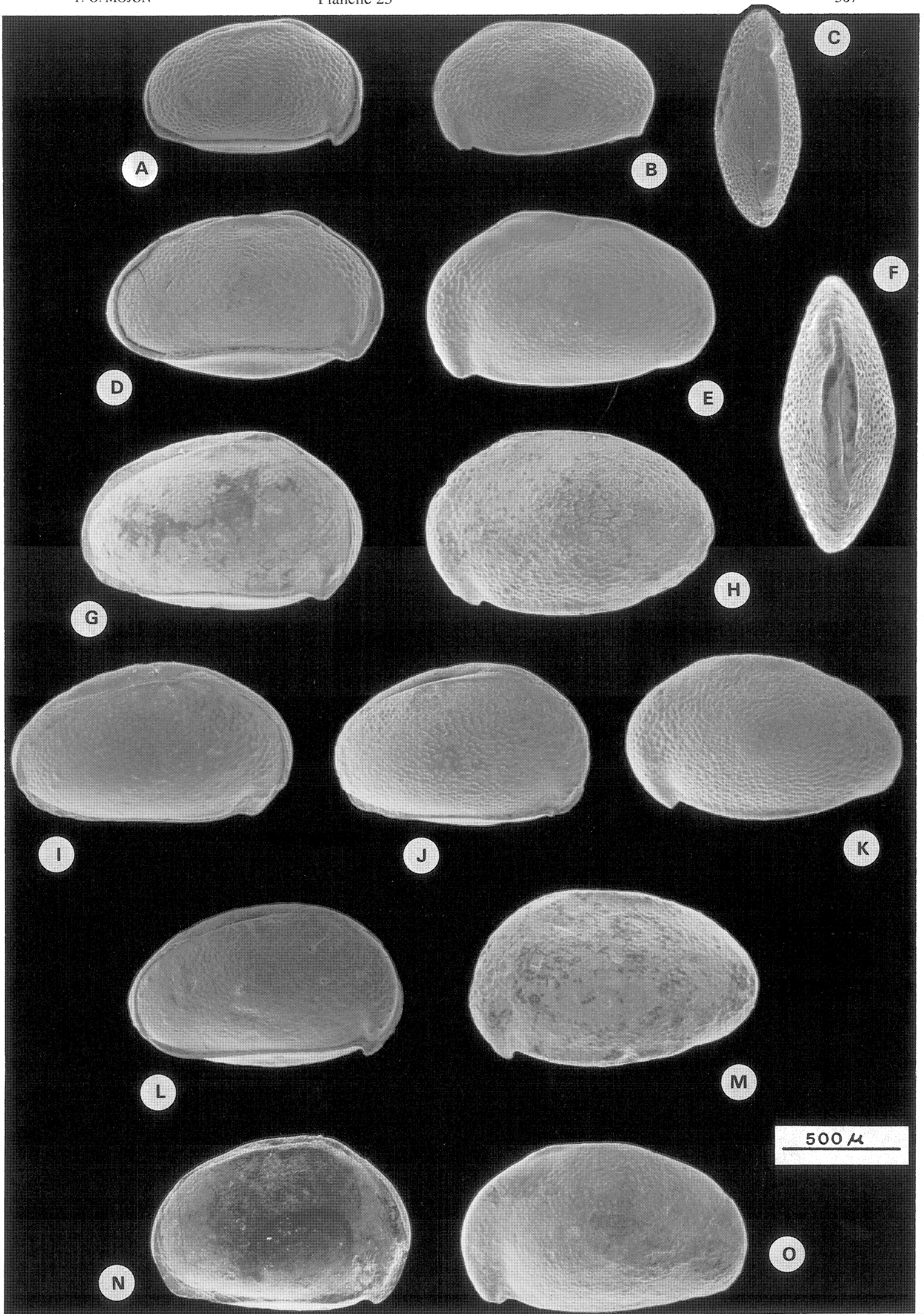


Planche 24

Ostracodes du Crétacé basal

Ostracodes laguno-lacustres des faciès purbeckiens (Berriasien inférieur – moyen) du Jura central. MHNG 59640.

Fig. A-B-C – *Cypridea granulosa fasciculata* (FORBES, 1855).

Carrière Juracime (éch. Ju 47, Unité Inférieure Oolithique, Berriasien moyen, M4), Jura suisse occidental.

Fig. D-E-F – *Cypridea granulosa granulosa* (DE SOWERBY, 1836).

Riedli/Bienne (éch. RB 39, Couches nymphéennes, Berriasien inférieur, M2), Jura suisse occidental.

Fig. G-H-I – *Cypridea granulosa protogranulosa* ANDERSON, 1971.

Riedli/Bienne (éch. RB 35, Couches nymphéennes, Berriasien inférieur, M1b), Jura suisse occidental.

A-D-G : vues latérales VD.

B-E-H : vues latérales VG.

C-F-I : vues dorsales.

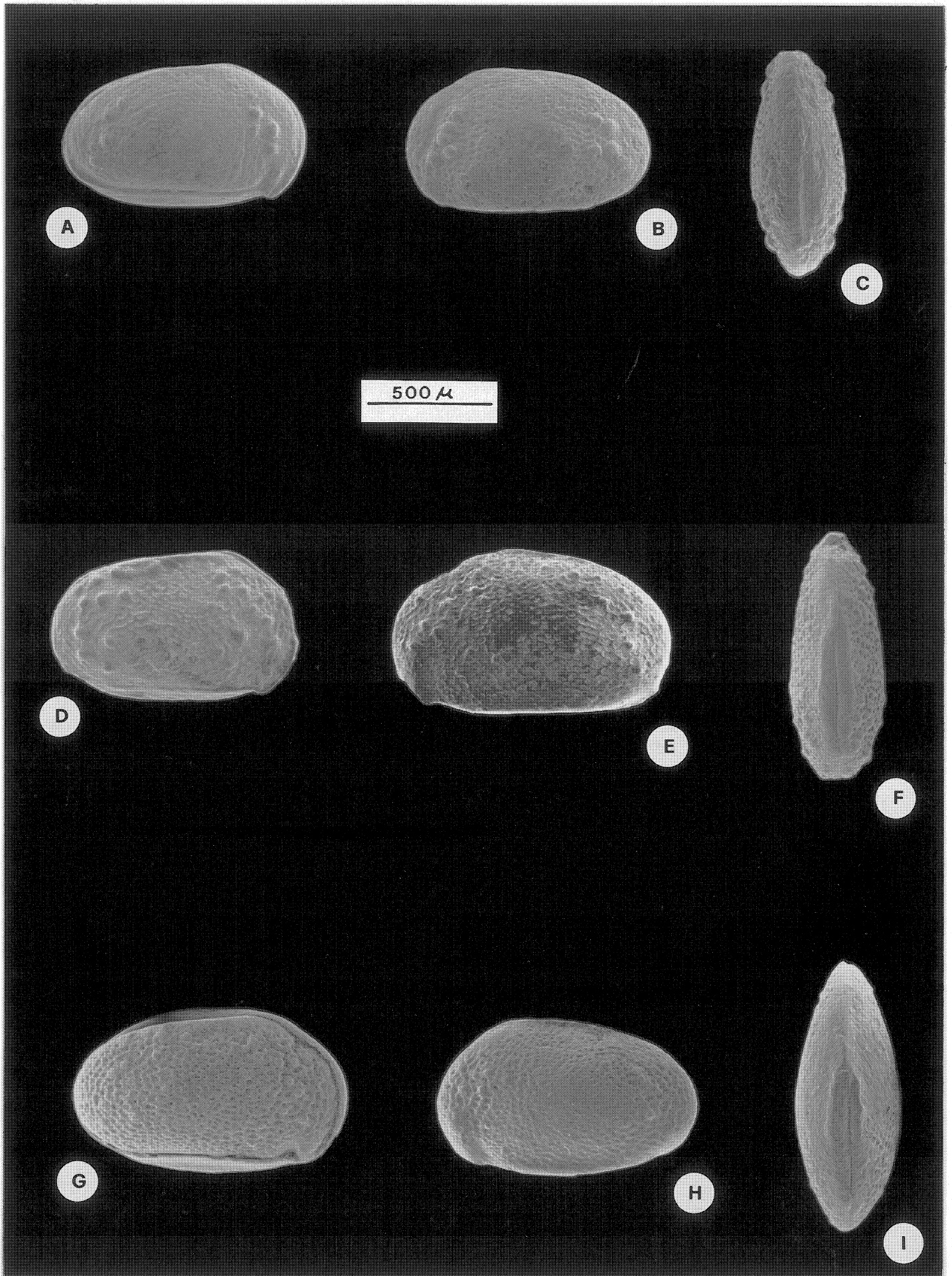


Planche 25

Ostracodes du Crétacé basal

Ostracodes laguno-lacustres des “Marnes blanches”, partie supérieure des faciès purbeckiens (Couches nymphéennes, Berriasien inférieur, M2) du Jura français central. MHNG 59641.

Fig. A-B-C – *Cypridea granulosa granulosa* (DE SOWERBY, 1836).

A-B : Source de l’Ain (éch. SAi 1). C-D (même spécimen) : Maréchet (éch. 3).

Fig. E-F – *Mantelliana cyrton* ANDERSON, 1971.

Espèce boréale rare dans le Jura. Maréchet (éch. 3).

Fig. G-H – Gen. et sp. indét.

Forme très rare (même spécimen unique). Source de l’Ain (éch. SAi 1).

A-C-E-G : vues latérales VD.

B-D-F-H : vues latérales VG.

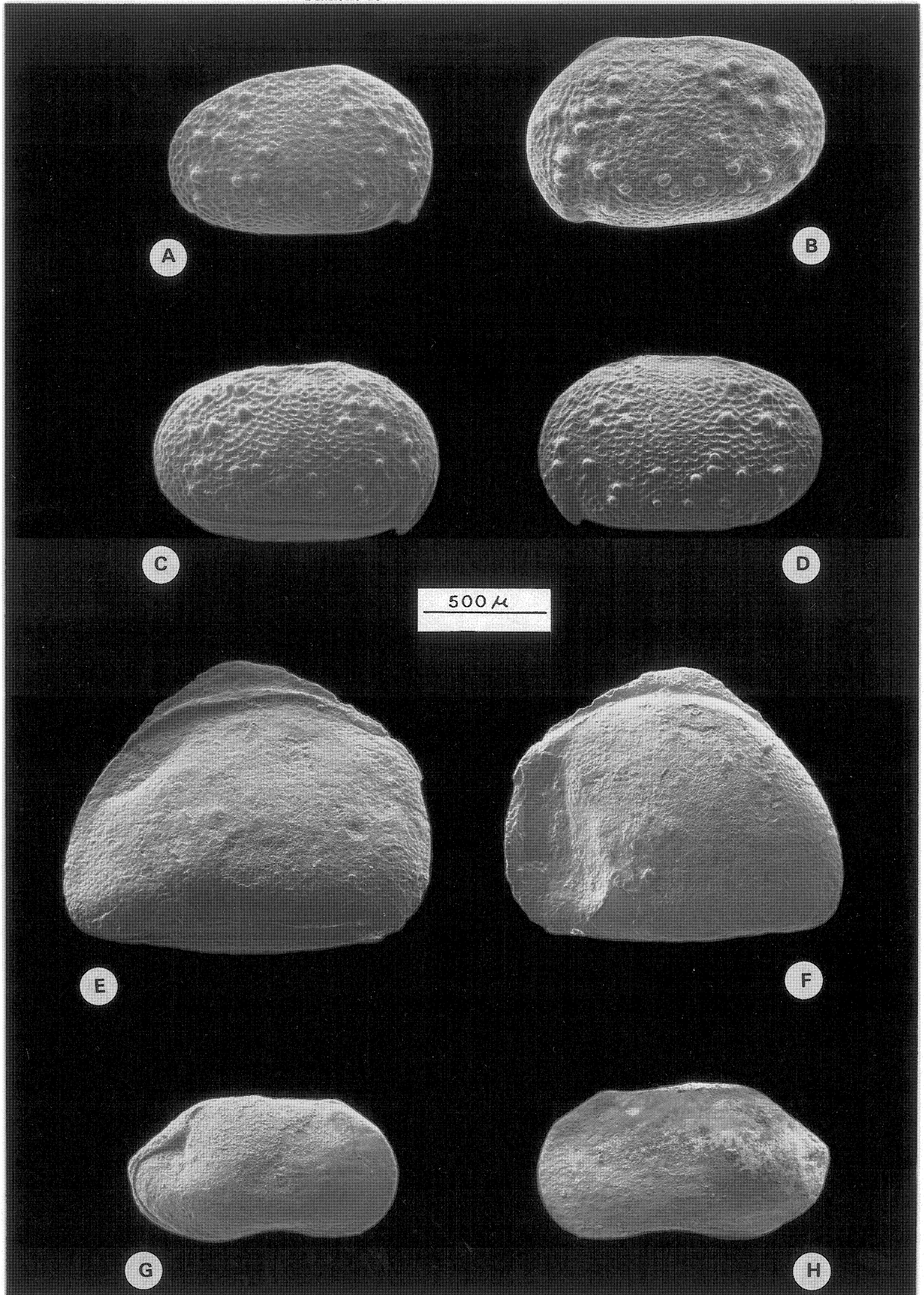


Planche 26

Ostracodes du Crétacé basal

Ostracodes laguno-lacustres des faciès purbecko-wealdiens (Berriasien moyen – supérieur) du Jura central et méridional.

Fig. A à F – *Cypridea valdensis obliqua* WOLBURG, 1959.

Pont-de-la-Dorche [éch. 1506-1507 in Taugourdeau-Lantz et Donze, 1971 ; Formation de Vions, Berriasien supérieur, M5a], Jura français méridional. MHNG 59645.

Fig. G-H-J-K-L-M – *Cypridea amisia* WOLBURG, 1959.

Riedli/Bienne (éch. RB 55, Unité Inférieure Oolithique, Berriasien moyen, M4), Jura suisse occidental. MHNG 59644.

Fig. I – *Cypridea vidrana* WOLBURG, 1959.

Riedli/Bienne (éch. RB 55). MHNG 59644.

G-H : carapaces adultes.

I-J-K-L-M : carapaces juvéniles (stades larvaires avancés).

A-D-G-J-L : vues latérales VD.

B-E-F-H-I-K-M : vues latérales VG.

C : vue dorsale.

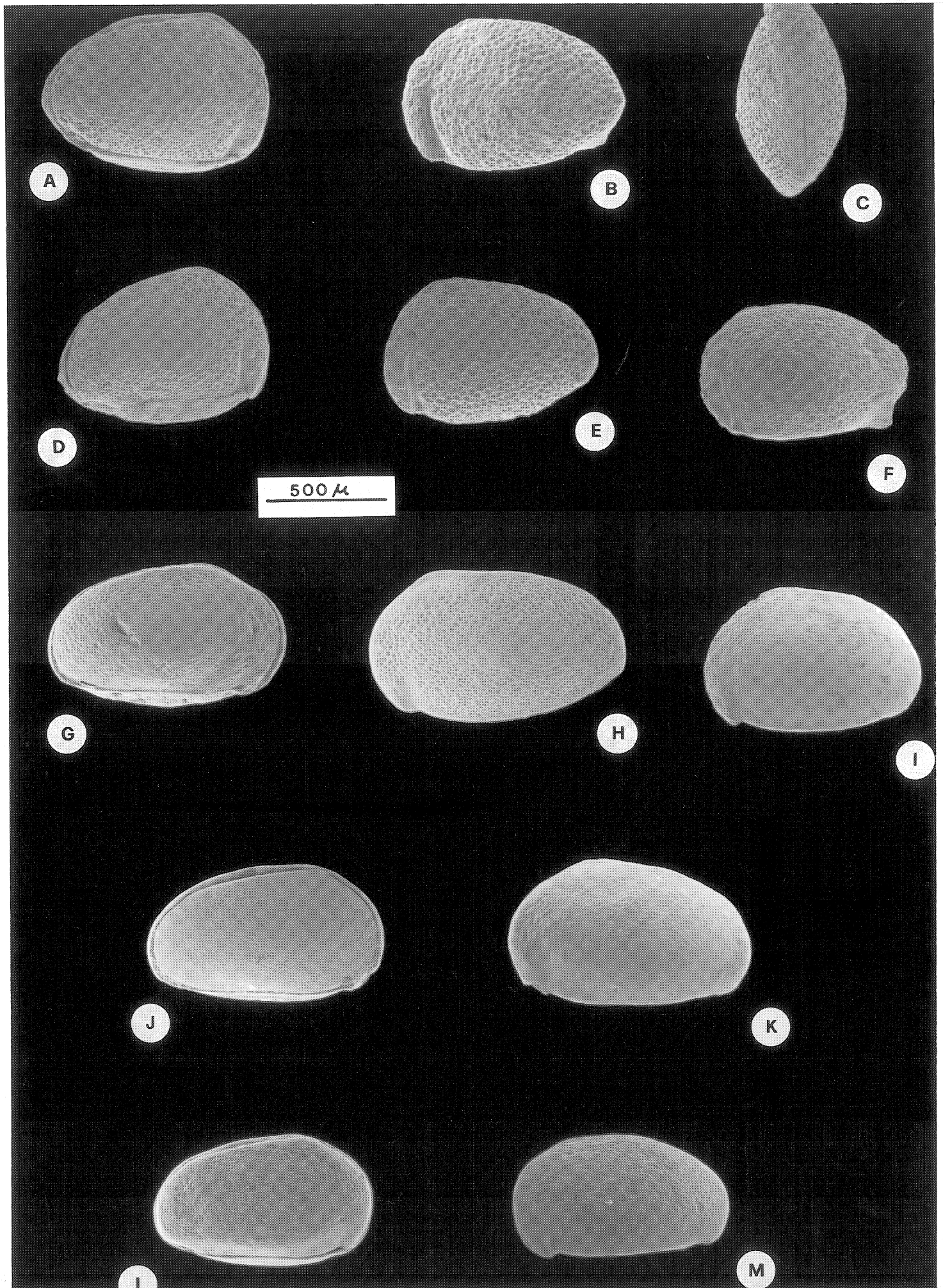


Planche 27

Ostracodes du Crétacé basal

Ostracodes des milieux lagunaires saumâtres à dulçaquicoles des faciès purbeckiens (Berriasien inférieur – moyen basal) du Jura central.

Fig. A à F – *Fabanella boloniensis* (JONES, 1882).

Riedli/Bienne (éch. RB 26, Couches nymphéennes/Marnes à Fabanelles, Berriasien inférieur, M1b), Jura suisse occidental. MHNG 59647.

Fig. G-H-I – *Mantelliana wealdensis* (WOLBURG, 1962).

Lavans-les-St-Claude (éch. LV 26, sommet des Couches nymphéennes, passage Berriasien inférieur – moyen basal, M3-M4), Jura français central. MHNG 59649.

Fig. J-K-L – *Mantelliana purbeckensis* (FORBES, 1855).

Riedli/Bienne (éch. RB 5, Marnes à gypse, Berriasien basal, M1a), Jura suisse occidental. MHNG 59649.

A-B-G-I-L : carapaces ♂

C-D-J-K : carapaces ♀.

A-C-G-J : vues latérales VD.

B-D-H-K-L : vues latérales VG.

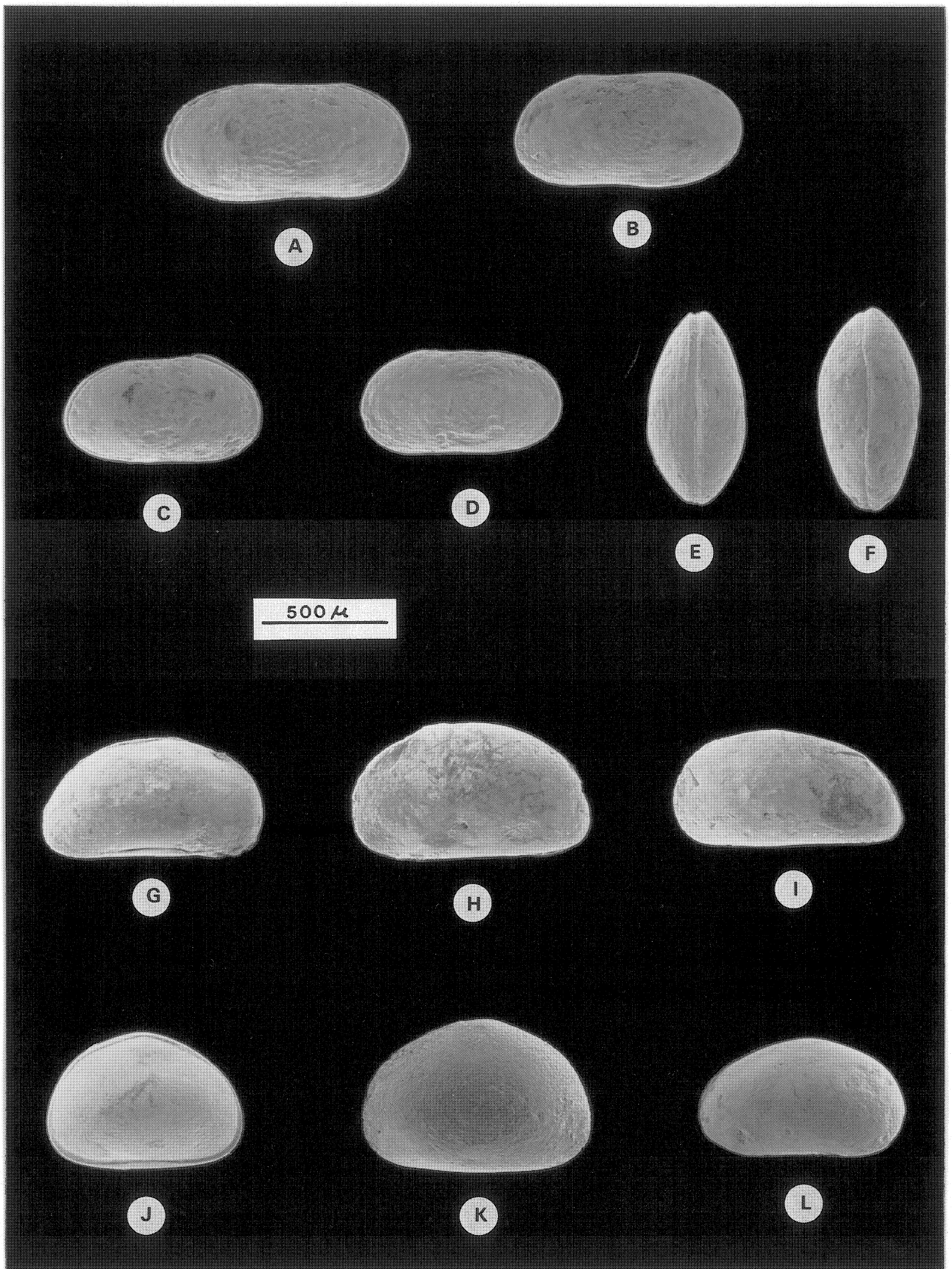


Planche 28

Ostracodes du Crétacé basal

Ostracodes des milieux lagunaires saumâtres à marins des faciès purbeckiens (Berriasien inférieur – moyen basal) du Jura central.

Fig. A-B-C – *Fabanella boloniensis* (JONES, 1882).

Route St-Claude – Cinquétral (éch. SCI 11, Couches nymphéennes, Berriasien inférieur, M1b), Jura français central. Valves agglomérées (A) ou emboîtées (B-C) indiquant un milieu de dépôt agité par des courants (carapaces disjointes). MHNG 59648.

Fig. D-E – *Mantelliana cyrton* ANDERSON, 1971.

Même spécimen, espèce boréale rare dans le Jura. Bonlieu (éch. Bo 9, Couches nymphéennes, Berriasien inférieur, M1b), Jura français central. MHNG 59649.

Fig. F-G – *Marslatourella* (*Gigantourella*) aff. *gigantea* (SCHMIDT, 1955).

Même spécimen, forme marine rare dans le Jura. La Sauge/Chambrelieu (éch. Oertli Ro 48, Couches nymphéennes, Berriasien inférieur, M1b), Jura suisse occidental. MHNG 59657.

D-G : vues latérales VG.

E-F : vues latérales VD.

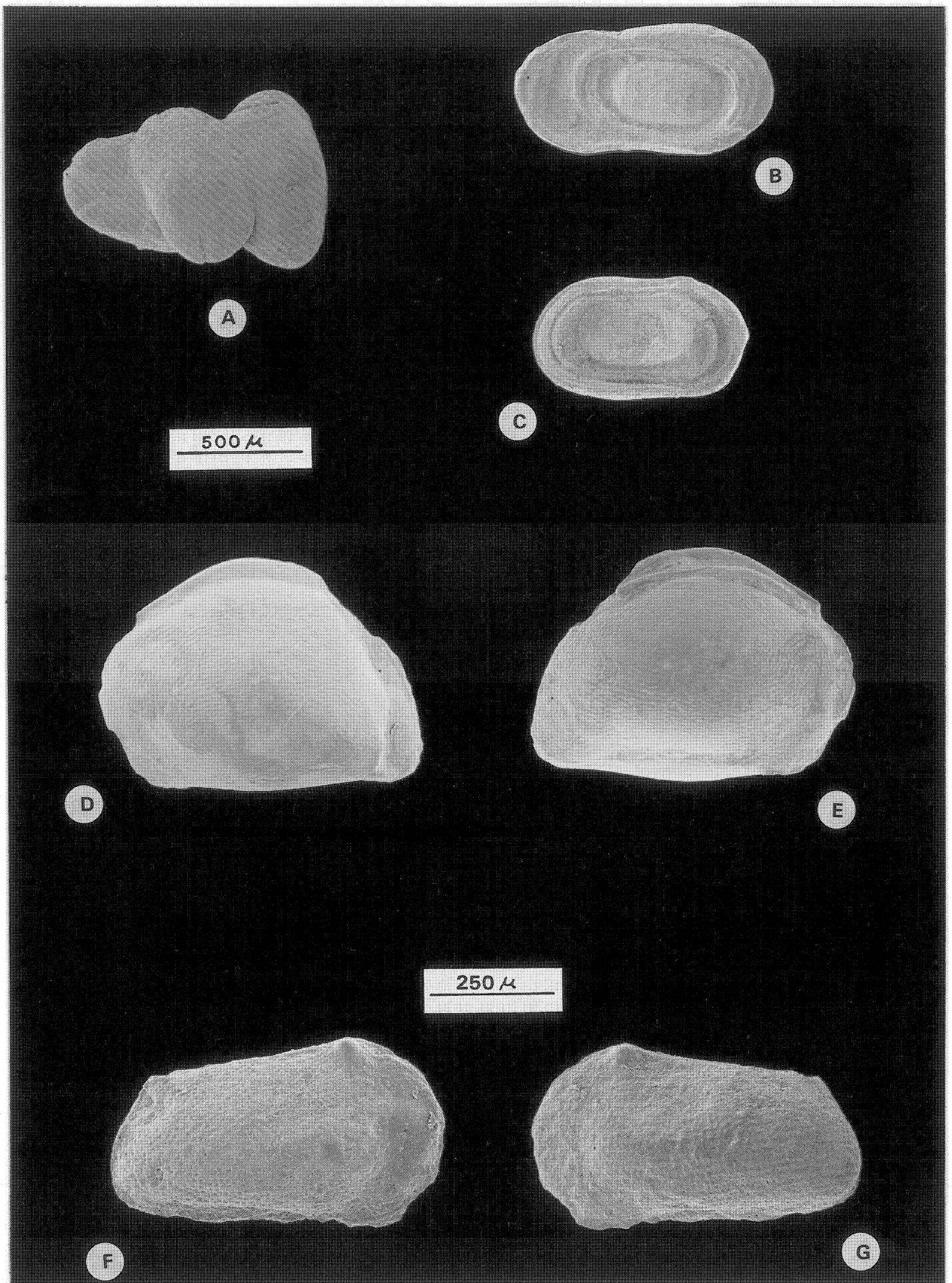


Planche 29

Ostracodes du Crétacé basal

Ostracodes des milieux lagunaires saumâtres à marins des faciès purbeckiens (Berriasien inférieur – moyen) et wealdiens (Berriasien supérieur) du Jura central et méridional. MHNG 59650.

Fig. A à D – *Macrodentina (Dictyocythere) mediostricta mediostricta* (SYLVESTER-BRADLEY, 1956).

Molard de Vions (éch. MV 6, Formation de Vions, Berriasien supérieur, M5a), Jura français méridional.

Fig. E à I – *Macrodentina (Dictyocythere) mediostricta transfuga* (SYLVESTER-BRADLEY, 1956).

Carrière Juracime (éch. Ju 53, Unité Inférieure Oolithique, Berriasien moyen, M4), Jura suisse occidental.

Fig. J-K-L – *Macrodentina (Dictyocythere) retirugata* (JONES, 1885).

Col de l'Épine (éch. CE 4, partie inférieure du Purbeckien, Berriasien basal, M1a), Jura français méridional.

A-E-J : vues latérales VD.

B-F-I : vues latérales VG.

C-G : vues dorsales.

D-H-L : vues ventrales.

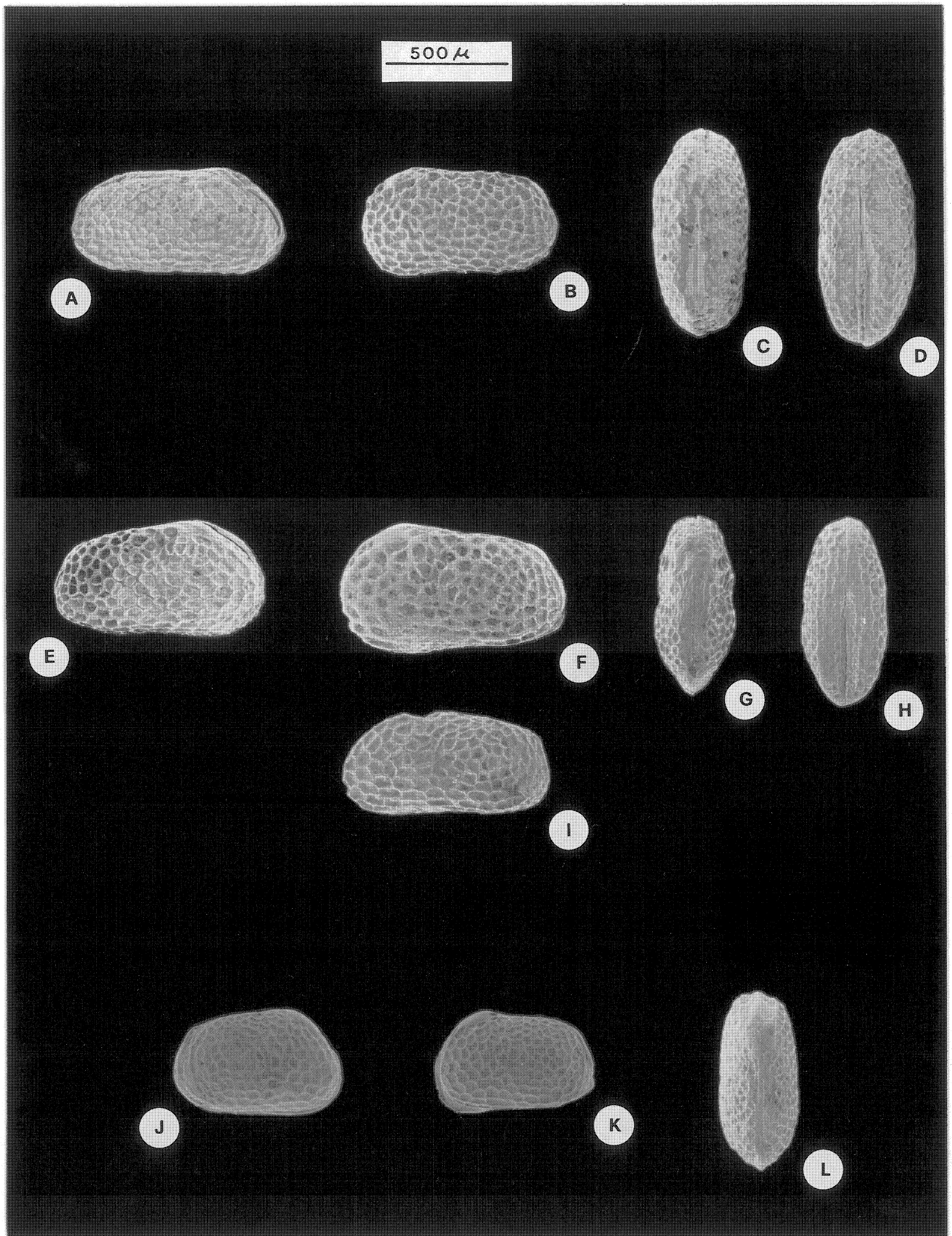


Planche 30

Ostracodes du Crétacé basal

Ostracodes laguno-lacustres des faciès purbeckiens (Berriasien inférieur – moyen basal) du Jura central.

Fig. A1-A2-A3-B1-B2-B3 – *Theriosynoecum forbesii forbesii* (JONES, 1885).

A1-A2-A3 : carapaces ♀, Lavans-les-St-Claude (éch. LV 26, sommet des Couches nymphéennes, passage Berriasien inférieur – moyen basal, M3-M4), Jura français central.

B1-B2-B3 : carapaces ♂; B1 : Riedli/Bienne (éch. RB 33, Couches nymphéennes, Berriasien inférieur, M1b), Jura suisse occidental ; B2-B3 : Lavans-les-St-Claude (éch. LV 26). MHNG 59646.

Fig. B4 – *Theriosynoecum forbesii verrucosa* (JONES, 1885).

Lavans-les-St-Claude (éch. LV 26). MHNG 59646.

Fig. C1-C2 – *Scabriculocypris trapezoides* ANDERSON, 1941.

Lavans-les-St-Claude (éch. LV 26). MHNG 59638.

Fig. C3 – *Scabriculocypris* aff. *acanthoides-cerastes* ANDERSON, 1941.

Riedli/Bienne (éch. RB 5, Marnes à gypse, Berriasien basal, M1a). MHNG 59638.

Fig. D1 à D6 – *Bisulcocypris dilatata* ANDERSON, 1971.

D1-D3-D6 : Lavans-les-St-Claude (éch. LV 26) ; D2-D4 (valve isolée)-D5 : Riedli/Bienne (éch. 33). MHNG 59638.

Fig. E1 à E4 – *Damonella pygmaea* (ANDERSON, 1941).

Lavans-les-St-Claude (éch. LV 26). MHNG 59638. Population présentant un dimorphisme sexuel apparent. E1-E4 : carapaces ♀. E2-E3 : carapaces ♂.

Fig. F1 à F5 – *Darwinula leguminella* (FORBES, 1855).

F1-F3-F5 : Lavans-les-St-Claude (éch. LV 26) ; F2-F4 : Riedli/Bienne (éch. RB 33). MHNG 59638.

Fig. G1 à G4 – *Timiriasevia punctata* CLEMENTS, 1973.

Lavans-les-St-Claude (éch. LV 26). MHNG 59638.

Fig. H1 à H5 – *Septacandona eocretacea* (MOJON, 1989).

Lavans-les-St-Claude (éch. LV 26). MHNG 59638.

B1-C2-D3-D4-E2-F2-F3-G1-H2-H3-H5 : vues latérales VG.

A1-C1-C3-D1-D2-E1-F1-G2-H1-H4 : vues latérales VD.

A2-B2-D5-E3-F4-G3 : vues ventrales.

A3-B3-B4-D6-E4-F5-G4 : vues dorsales.

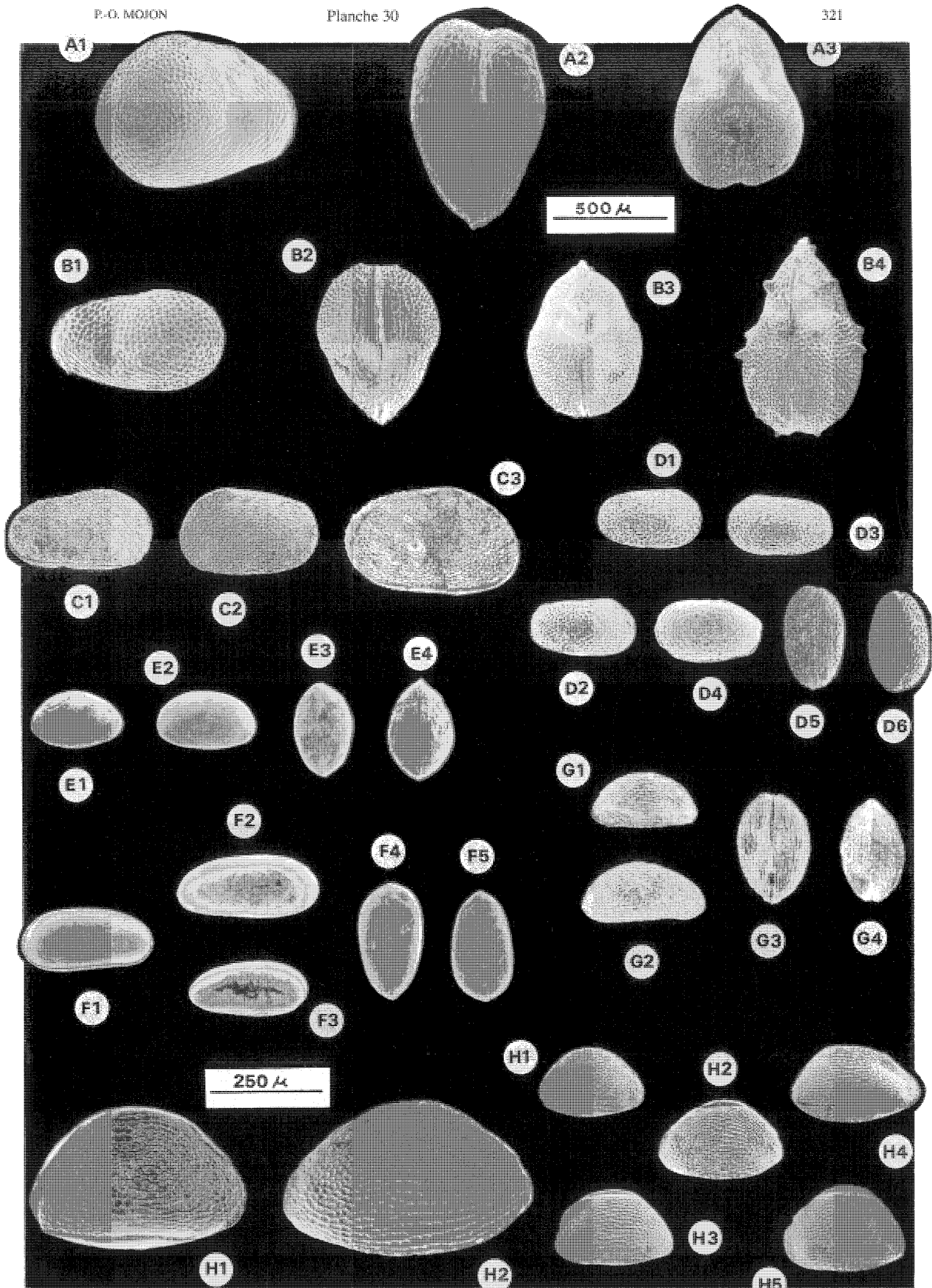


Planche 31

Ostracodes du Crétacé basal

Ostracodes des milieux lagunaires saumâtres à marins des faciès purbeckiens (Berriasien inférieur – moyen) et wealdiens (Berriasien supérieur) du Jura central et méridional.

Fig. A1 à A3 – *Lycopterocypris sabaudiae* DONZE, 1964.

Molard de Vions (éch. MV 6, Formation de Vions, Berriasien supérieur, M5a), Jura français méridional. MHNG 59638.

Fig. B1 à B4 – *Kentrodictyocythere typica* DONZE, 1968.

B1-B3 : Molard de Vions (éch. MV 6) ; B2-B4 : Lavans-les-St-Claude (éch. LV 24-25, Couches nymphéennes, Berriasien inférieur, M2), Jura français central. MHNG 59638.

Fig. C – *Klieana alata* MARTIN, 1940.

Espèce marine boréale très rare dans le Jura. Crozet (éch. Cr 43, Couches nymphéennes, Berriasien inférieur, M1b), Jura français méridional. MHNG 59638.

Fig. D1 à D6 – *Paranotacythere favulata* (MARTIN, 1940).

D1-D4 : Molard de Vions (éch. MV 6) ; D2-D5 : Lavans-les-St-Claude (éch. LV 23) ; D3-D6 : Bonlieu (éch. Bo 25, Couches nymphéennes, Berriasien inférieur, M2), Jura français central. MHNG 59638.

Fig. E1 à E5 – *Eoparacypris weedonensis* ANDERSON, 1971.

Riedli/Bienne (éch. RB 55, Unité Inférieure Oolithique, Berriasien moyen, M4), Jura suisse occidental. MHNG 59638.

Fig. F1 à F6 – *Paranotacythere rimosa* (MARTIN, 1940).

Col de l'Épine (éch. CE 4, partie inférieure du Purbeckien, Berriasien basal, M1a), Jura français méridional. MHNG 59638.

Fig. G1-G2 – *Paracypris arcuatilis* DONZE, 1964.

Même spécimen. Col de l'Épine (éch. CE 4). MHNG 59638.

Fig. H1 à H4 – *Marslatourella barnstorfensis* (MARTIN, 1957).

Col de l'Épine (éch. CE 4). MHNG 59647.

D1-D6-F2-F4-F5-H1-H3 : carapaces ♂

D2-D3-D4-D5-F1-F3-F6-H2-H4 : carapaces ♀

A1-B1-B2-D1-D2-D3-E1-E2-F1-F2-G1-H1 : vues latérales VD.

A2-A3-B3-B4-C-D4-D5-D6-E3-F3-F4-G2-H2 : vues latérales VG.

E4-F5-H3 : vues ventrales.

E5-F6-H4 : vues dorsales.

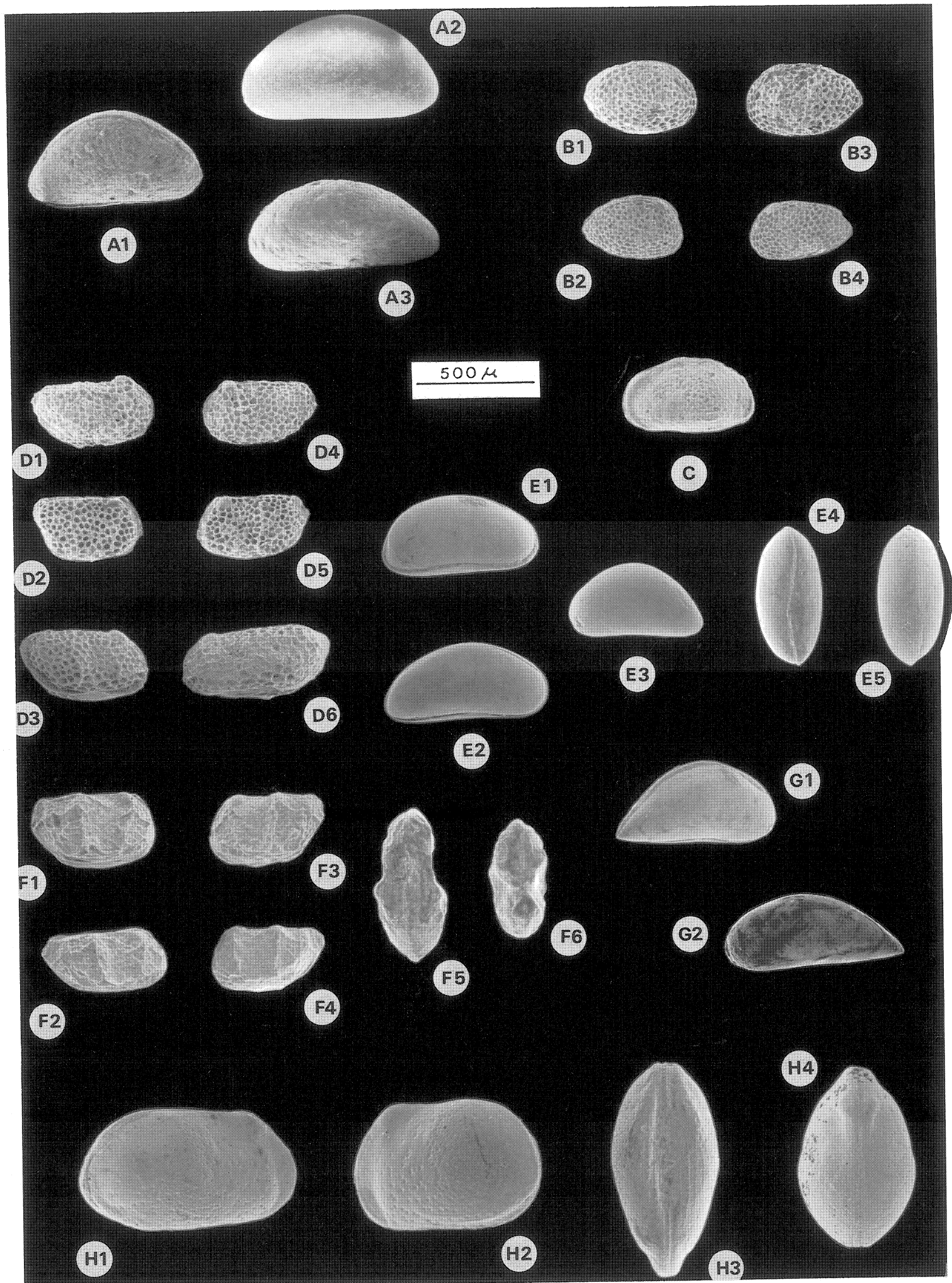


Planche 32

Ostracodes du Crétacé basal

Ostracodes marins du Berriasien inférieur – moyen du Jura central et méridional. MHNG 59654.

Fig. A à H – *Valendocythere emslandensis* (BARTENSTEIN & BURRI, 1954).

Valangin (éch. Val 1 ; Mojon *in* Blanc, 1996 ; Unité Inférieure Oolithique, Berriasien moyen, M4), Jura suisse occidental.

Fig. I-J – *Valendocythere emslandensis*.

Forme primitive, même spécimen. Lavans-les-St-Claude (éch. LV 24-25, partie supérieure du Purbeckien, Couches nymphéennes, Berriasien inférieur, M2), Jura français central.

Fig. K à O – *Protocythere revili* DONZE, 1975.

Col de l'Épine (éch. CE 4, partie inférieure du Purbeckien/Couches à Anchispirocyclines, Berriasien basal, M1a), Jura français méridional. L-M-N-O : même spécimen. K : valve isolée.

A-B-I-J-K : carapaces ♂.

E-F-L-M : carapaces ♀.

A-E-I-K-L : vues latérales VD.

B-F-J-M : vues latérales VG.

C-G-O : vues ventrales.

D-H-N : vues dorsales.

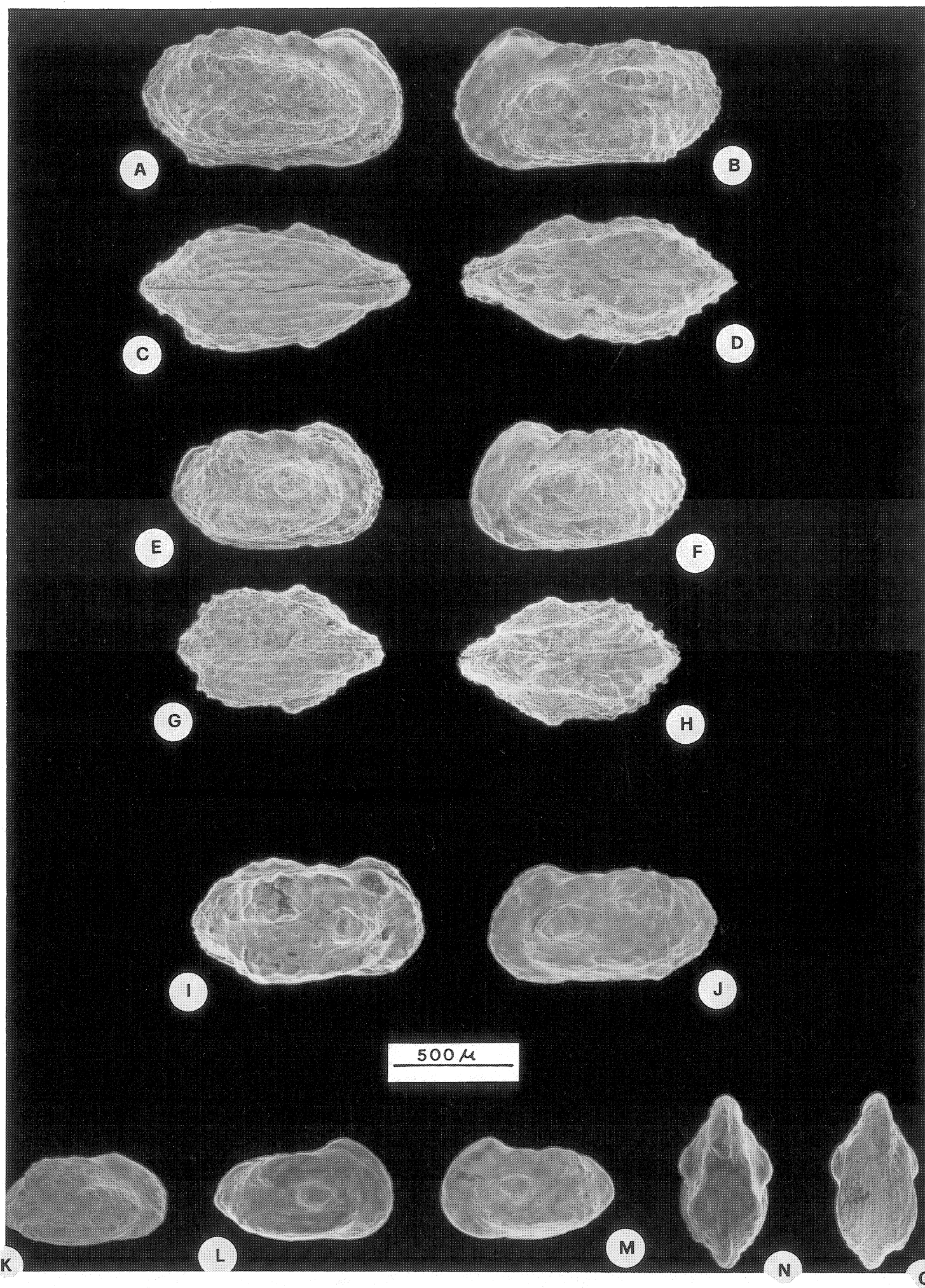


Planche 33

Ostracodes du Crétacé basal

Ostracodes marins du Berriasien supérieur (Formation de Vions) du Jura français méridional. Val de Fier ouest (éch. VFo). MHNG 59654.

Valendocythere divisa (OERTLI, 1966).

Fig. A à D : éch. VFo 11 (Berriasien supérieur terminal, M5b).

Fig. E à L : éch. VFo 9 (Berriasien supérieur, passage M5a-M5b).

A-B-E-F : carapaces ♂.

C-D-I-J : carapaces ♀.

A-C-E-I : vues latérales VD.

B-D-F-J : vues latérales VG.

G-K : vues ventrales.

H-L : vues dorsales.

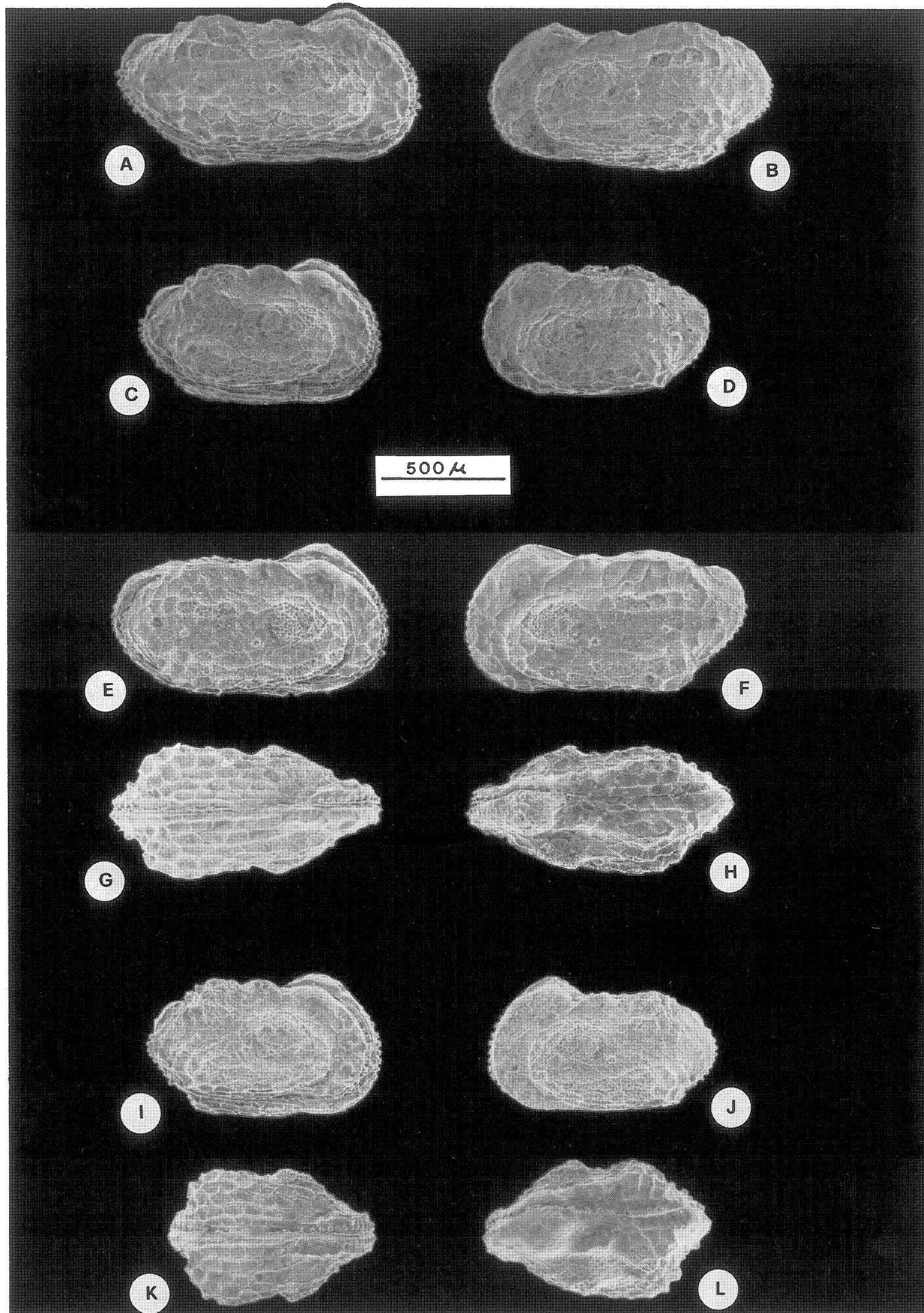


Planche 34

Ostracodes du Crétacé basal

Ostracodes marins du Berriasien supérieur (Formation de Vions) du Jura français méridional.

Fig. A-B – *Protocythere mazenoti* DONZE, 1973.

Même spécimen, espèce rare dans le Jura. Molard de Vions (éch. MV 38, Berriasien supérieur, M5a). MHNG 59657.

Fig. C à F – *Valendocythere helvetica* (OERTLI, 1966).

Formes primitives. Carrière de Monnetier (éch. MC 97, Berriasien supérieur terminal, M5b). MHNG 59654.

Fig. G à J – *Valendocythere helvetica*.

Figures se rapportant à deux spécimens primitifs. Val de Fier ouest (éch. VFo 9, Berriasien supérieur, passage M5a-M5b). MHNG 59654.

C-D-G-H : carapaces ♂.

E-F-I-J : carapaces ♀.

A-C-E-G-I : vues latérales VD.

B-D-F-H-J : vues latérales VG.

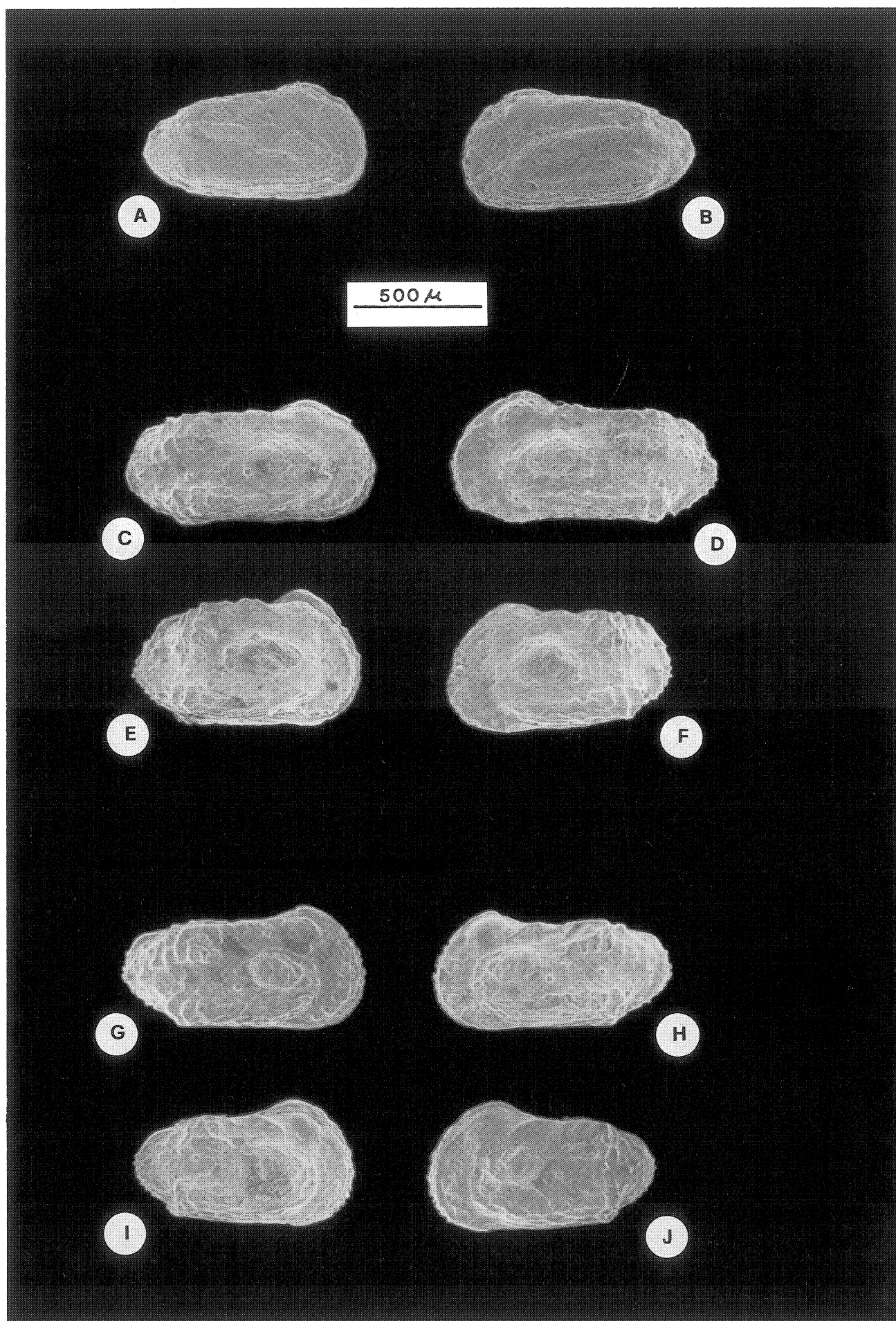


Planche 35

Ostracodes du Crétacé basal

Ostracodes marins du Berriasien moyen – supérieur du Jura central et méridional. MHNG 59655.

Fig. A à H – *Cythereis donzei* MOJON, 1999.

Molard de Vions (éch. MV 6, Formation de Vions, Berriasien supérieur, M5a), Jura français méridional.

Fig. I à N – *Pseudoprotocythere aubersonensis* OERTLI, 1966.

Molard de Vions (éch. MV 6).

Fig. O à T – *Pseudoprotocythere aubersonensis*.

Valangin (éch. Val 1 ; Mojon *in* Blanc, 1996 ; Unité Inférieure Oolithique, Berriasien moyen, M4), Jura suisse occidental.

A-B-C-D-I-J-O-P-Q-R : carapaces ♂.

E-F-G-H-K-L-M-N-S-T : carapaces ♀.

A-E-I-K-O-S : vues latérales VD.

B-F-J-L-P-T : vues latérales VG.

C-H-M-Q : vues ventrales.

D-G-N-R : vues dorsales.

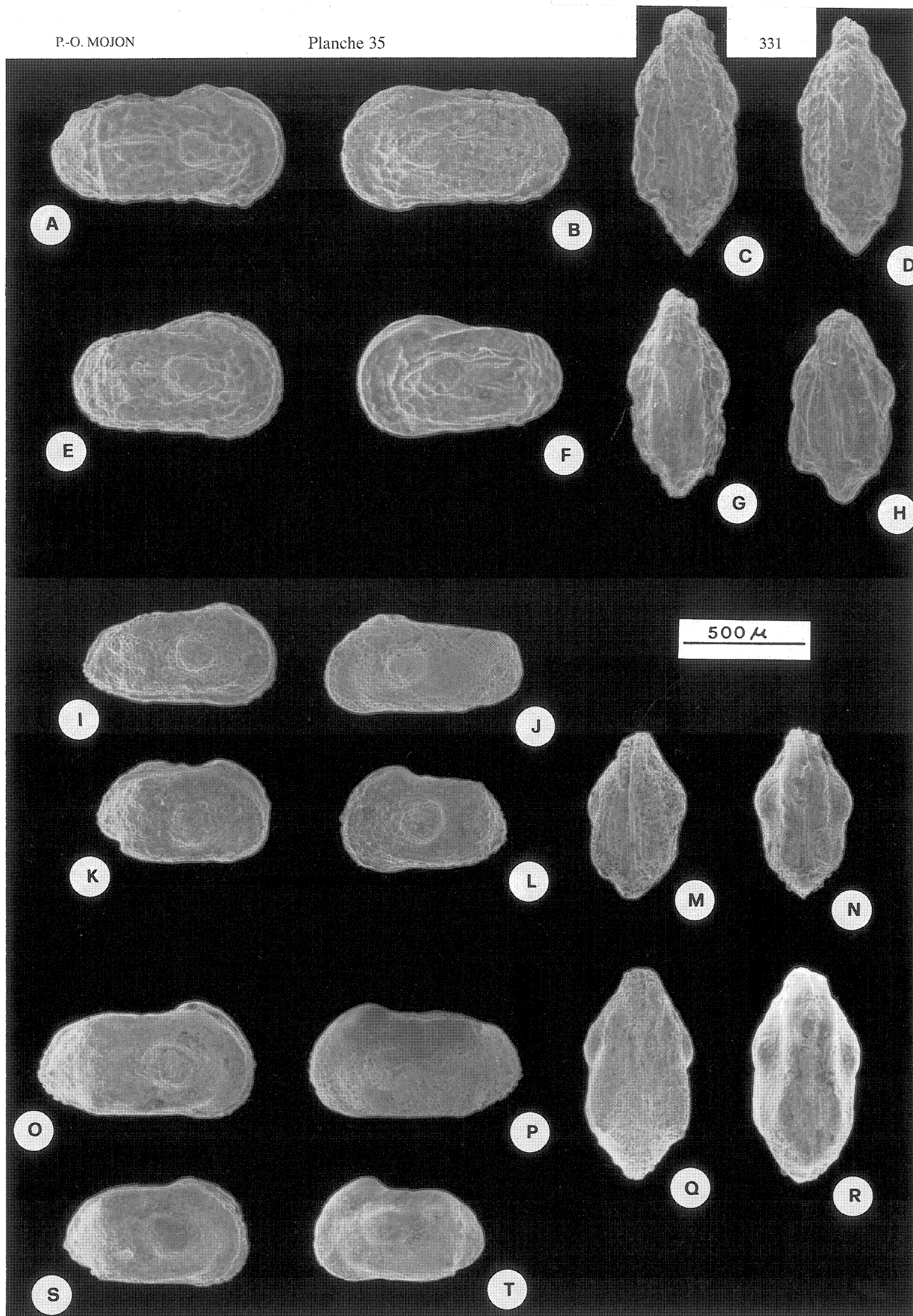


Planche 36

Foraminifères benthiques du Crétacé basal

Lituolidés (Anchispirocyclines) de la partie inférieure du Purbeckien (Berriasien inférieur basal, M1a) du Jura français méridional.

Anchispirocyclina lusitanica (EGGER, 1902).

Col de l'Épine (éch. CE 4).

Fig. A à K : formes dégagées. MHNG 59651.

Fig. L à X : sections équatoriales passant par le centre du test (proloculus). Série MHNG 60053 à 60058.

A à E et L à S : formes B microsphériques.

F à K et T à X : formes A macrosphériques.

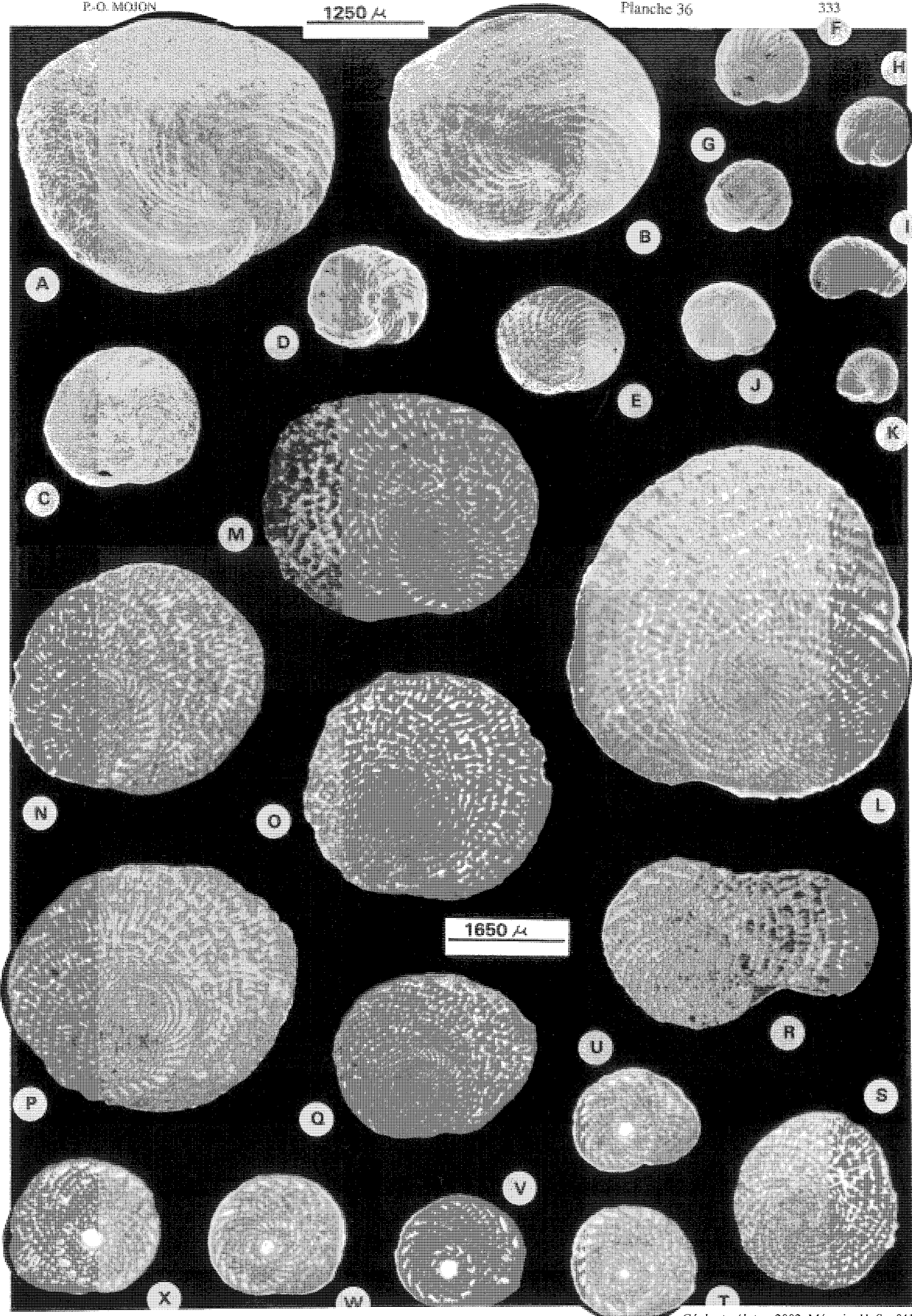


Planche 37

Foraminifères benthiques du Crétacé basal

Lituolidés (A-B-D-F-G) et Ataxophragmiidés (C-E) des faciès purbeckiens (Berriasien inférieur – moyen) et wealdiens (Berriasien supérieur) du Jura central et méridional.

Fig. A1 à A7 – *Pseudocyclamina lituus* (YOKOYAMA, 1890).

A1 à A3 : Chapeau de Gendarme (éch. CGv 16, Formation de Vions, Berriasien supérieur, M5a), Jura français central. MHNG 59652 (A1-A2) et MHNG 60069 (A3).

A4 à A7 : Tüscherz (éch. Tü 21, Unité Inférieure Oolithique, Berriasien moyen, M4), Jura suisse occidental. Série MHNG 60062 à 60065.

Fig. B1 à B3 – *Choffatella pyrenaica* PEYBERNÈS & REY, 1975.

Chapeau de Gendarme (éch. CGv 44, Formation de Vions, Berriasien supérieur terminal, M5b), Jura français central. MHNG 59652 (B1) et MHNG 60071 (B2-B3).

Fig. C1 à C4 – *Valvulina* aff. *lugeoni* SEPTFONTAINE, 1977.

Vuache nord [éch. TB 260 in Blondel *et al.*, 1986 ; partie supérieure des Couches nymphéennes, Berriasien inférieur, M2], Jura français méridional. MHNG 59653 (C1-C2) et 60059 (C3-C4).

Fig. D1-D2 – *Nautiloculina cretacea* PEYBERNÈS, 1976.

D1 : carrière de Monnetier (éch. MC 97, Formation de Vions, Berriasien supérieur terminal, M5b), Jura français méridional. Spécimen transformé en section orientée MHNG 60070.

D2 : Valangin [éch. Val 1 ; Mojon in Blanc, 1996 ; Unité Inférieure Oolithique, Berriasien moyen, M4], Jura suisse occidental. MHNG 60067.

Fig. E1 à E4 – “*Siphovalvulina*” sp. [in Septfontaine, 1981].

Lavans-les-St-Claude (éch. LV 24-25, partie supérieure des Couches nymphéennes, Berriasien inférieur, M2), Jura français central. MHNG 59653.

Fig. F1 à F4 – *Feurtillia frequens* MAYNC, 1958.

Crozet (éch. Cr 111, éq. partie basale de l’Unité Inférieure Oolithique, passage Berriasien inférieur - moyen, M3-M4), Jura français méridional. MHNG 59652 (F1-F2) et 60060 (F3-F4).

Fig. G – *Feurtillia* aff. *frequens*.

Valangin (éch. Val 1). MHNG 60066.

A1-A2-B1-C1-C2-D1-E1-E2-E3-E4-F1-F2 : formes dégagées.

A3-A4-A5-A6-A7-B2-B3-D2-F3-F4-G : sections équatoriales passant par le centre du test (proloculus).

C3-C4 : sections axiales sagittales passant par le centre du test.

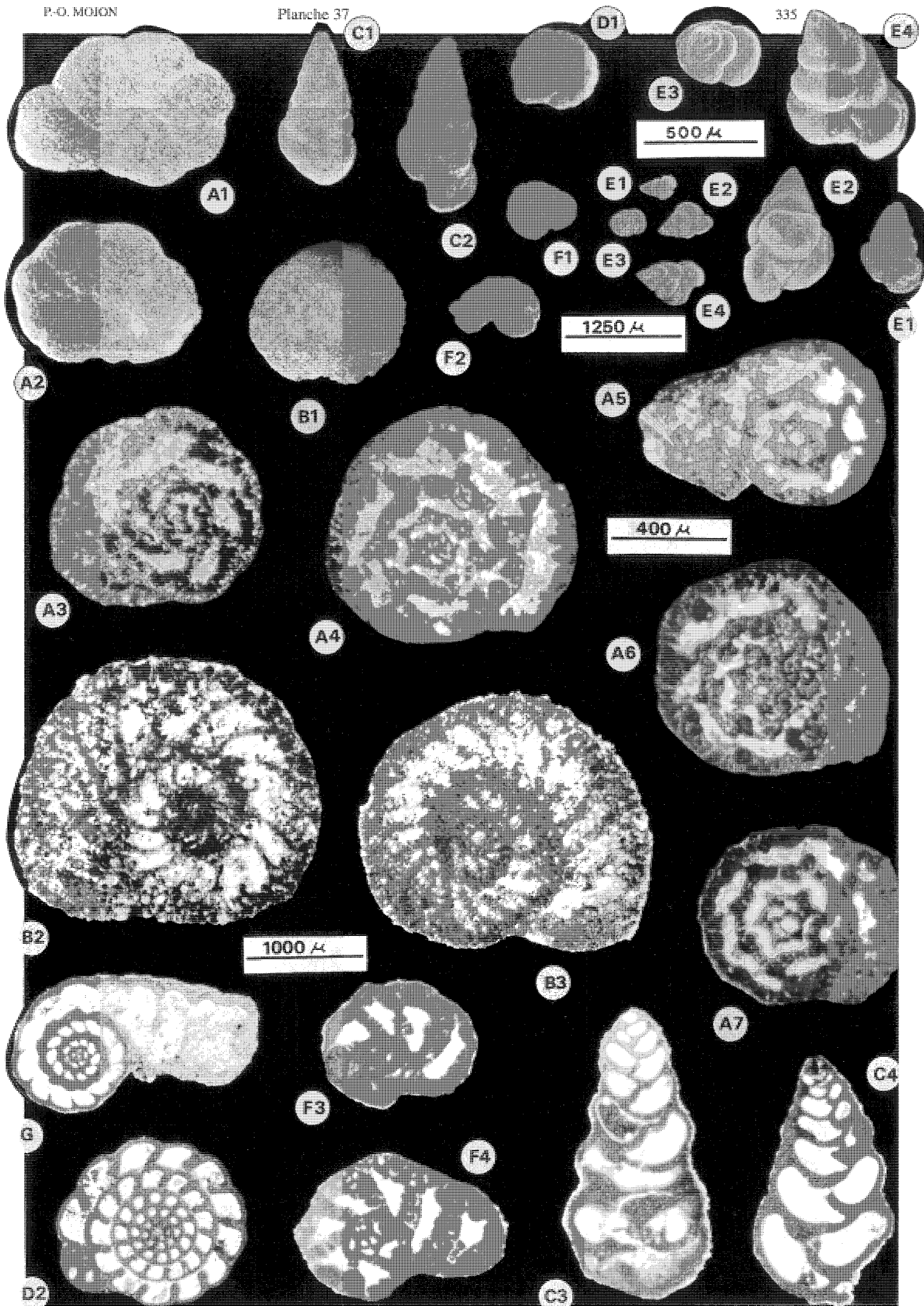


Planche 38

Association en formes dégagées de quartz authigènes bipyramidés (fortement aggrandis en bas), de pseudomorphoses de cristaux de gypse et de gyrogonites de Charophytes (Porocharacées : *Porochara maxima*, *Porochara fusca*) de la partie basale du Purbeckien du Jura central (milieu de dépôt à dominance évaporitique).

Riedli/Bienne (éch. RB 5, Marnes à gypse, Berriasien inférieur basal, M1a), Jura suisse occidental.

MHNG 59833.

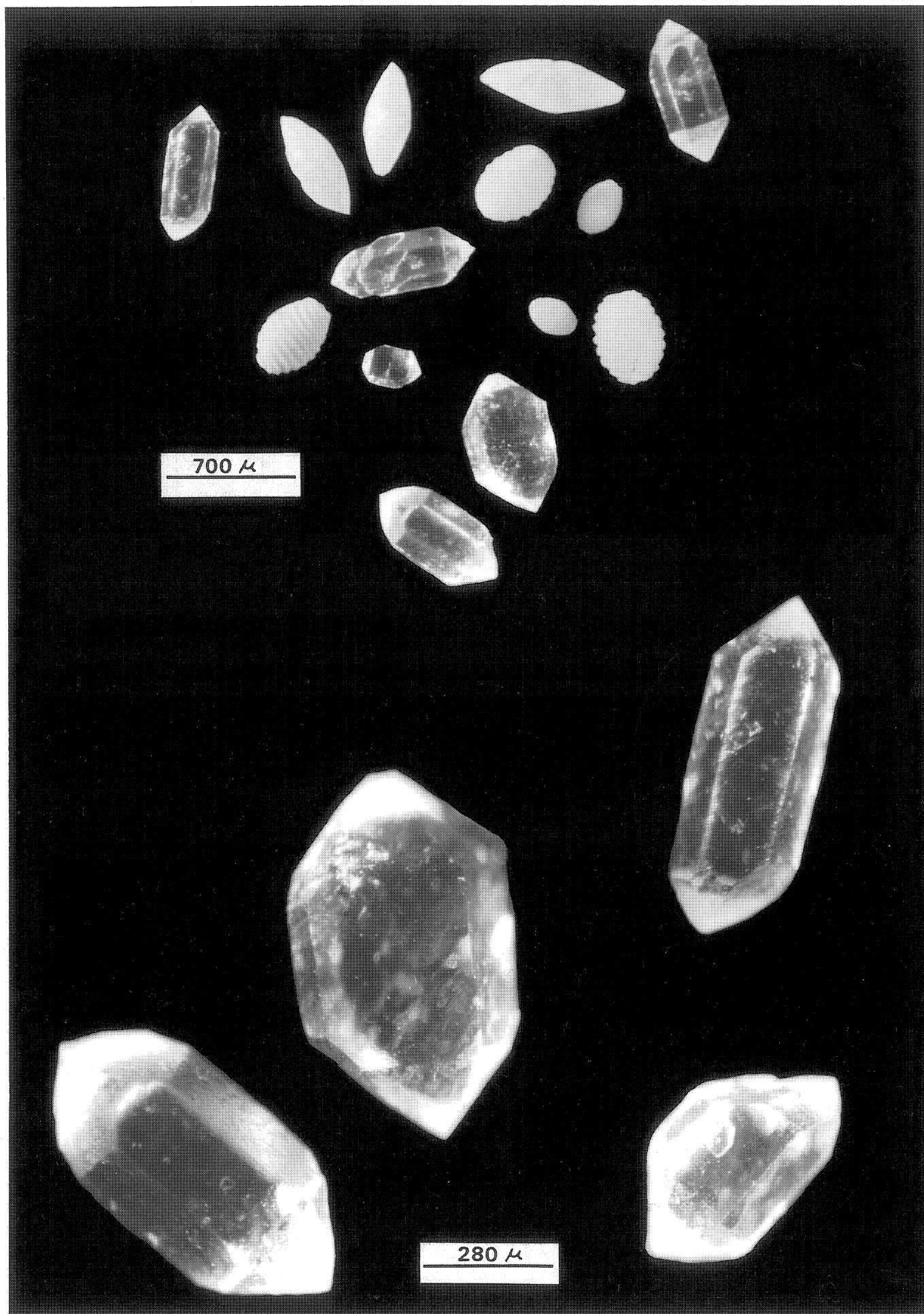


Planche 39

Charophytes du Crétacé basal – inférieur

Utricules de Clavatoracées des faciès “purbeckiens” (Berriasien supérieur – Valanginien inférieur) du Sud-Est de la France (Basse-Provence occidentale), du Nord-Est de l’Espagne (Maestrazgo) et de la Sardaigne. MHNG 59604.

Fig. A à C – *Hemiglobator incrassatus* (MARTIN-CLOSAS & GRAMBAST-FESSARD, 1986) MOJON, 2002.

Carrière du Fort St-Antoine/Mt Faron, près de Toulon (éch. MF 10, Formation du Calcaire Blanc Supérieur, Valanginien inférieur, M6), Basse-Provence occidentale.

Fig. D à F – *Hemiglobator steinhauseri* (MOJON, 1989) MOJON, 2002.

Mt Faron/Toulon [éch. MF 5, “Marnes vertes infracrétacées”, Berriasien supérieur terminal, M5b], Basse-Provence occidentale.

Fig. G à K – *Hemiglobator steinhauseri* (MOJON, 1989) MOJON, 2002.

L’Avellà [éch. 2 in Martin-Closas et Salas, 1988 ; niveau de brèche conglomératique avec marnes vertes et cailloux noirs, partie inférieure de la Formation des Calcaires des Polacos, Berriasien supérieur terminal – Valanginien basal ?, M5b], Maestrazgo.

Morphotypes de taille réduite résultant d’une forte influence marine sur l’écologie du milieu de dépôt de ce gisement (écophénotypes en association avec des Orbitolinidés : *Valdanchella miliani*, *Paracoskinolina pfenderae*, *Cribellopsis* sp.).

Fig. L à O – *Hemiglobator steinhauseri*. (MOJON, 1989) MOJON, 2002.

El Mangraner (éch. MAN 1, Formation d’El Mangraner, Berriasien supérieur terminal, M5b), Maestrazgo.

Fig. P à R – *Hemiglobator nurrensis* (PECORINI, 1969) (GRAMBAST, 1974 ex FEIST & GRAMBAST-FESSARD, 1984) MOJON, 2002.

Carrière de bauxite d’Olmedo (échantillon de la partie inférieure des faciès “purbeckiens”, Berriasien supérieur, M5a), Sardaigne nord-occidentale.

A à Q : vues latérales.

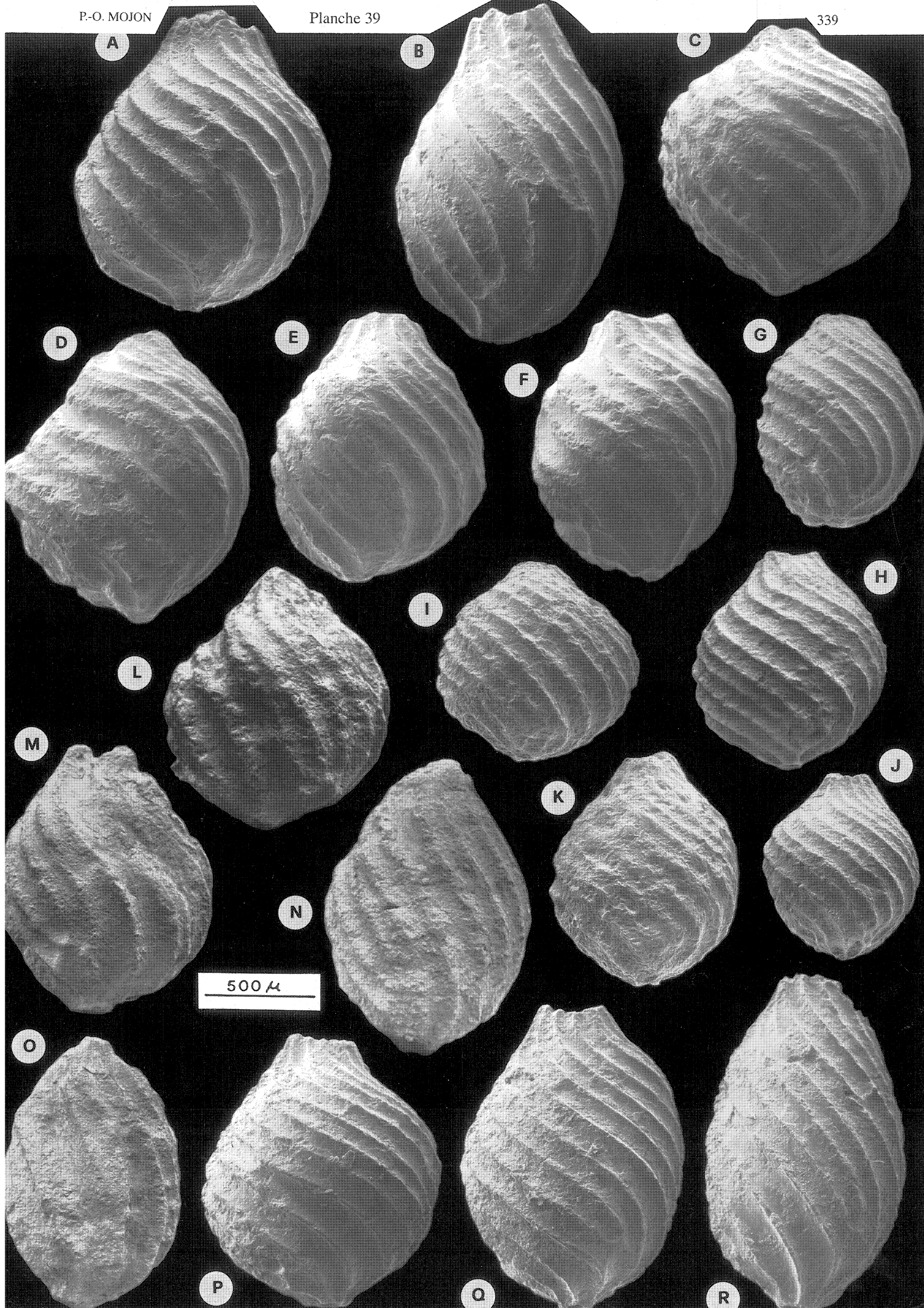


Planche 40

Charophytes du Crétacé inférieur

Utricules de Clavatoracées du Valanginien inférieur (M6) du Maestrazgo, Nord-Est de l'Espagne. MHNG 59602.

Fig. A à J – *Hemiglobator incrassatus* (MARTIN-CLOSAS & GRAMBAST-FESSARD, 1986) MOJON, 2002.
El Mangraner (éch. MAN 11, Formation des Calcaires de Herbers).

A-B-C-F-G-H-I-J : vues latérales.

D : vue apicale.

E : vue basale.

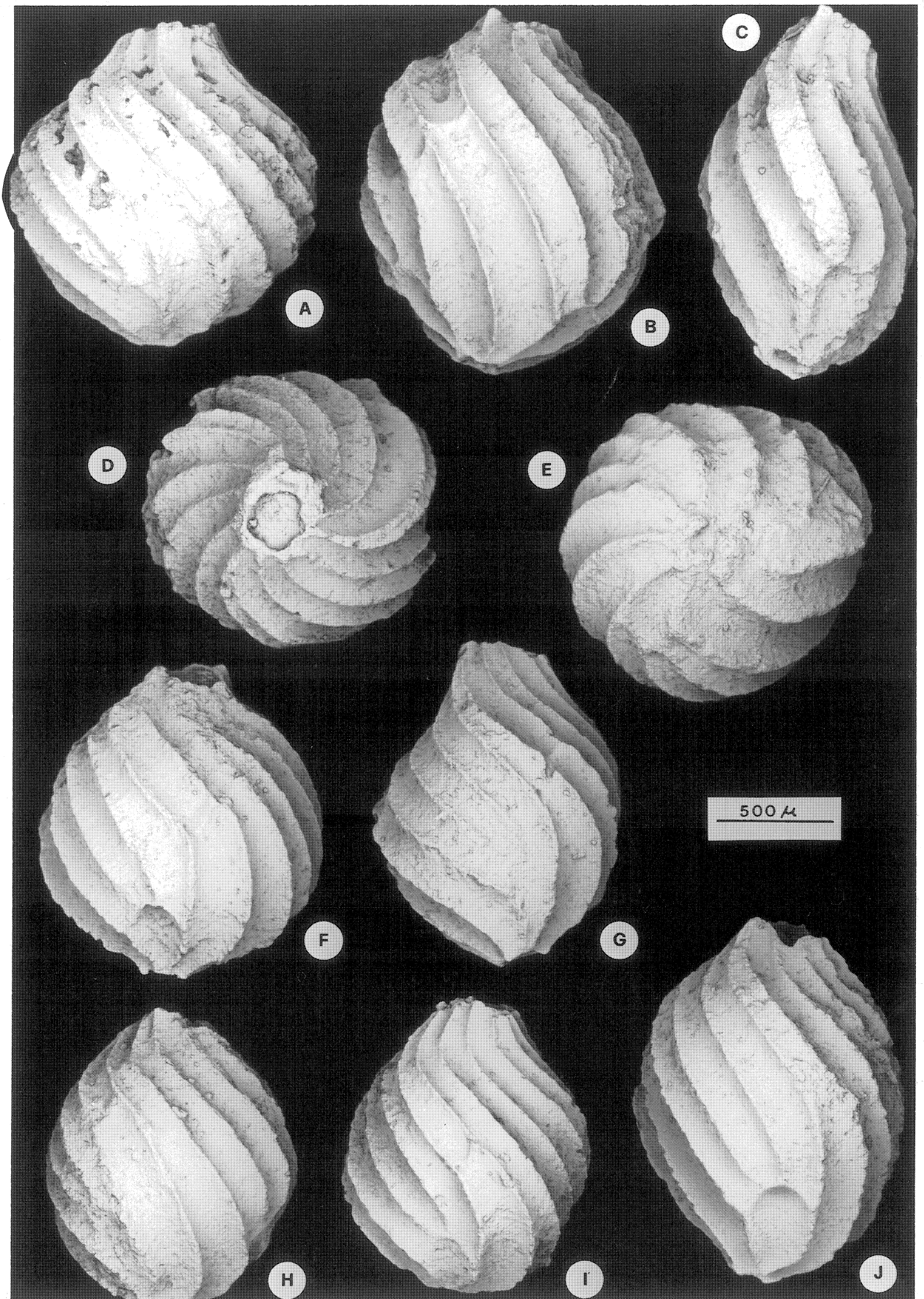


Planche 41

Ostracodes du Crétacé inférieur

Ostracodes des milieux lagunaires saumâtres et marins du Valanginien inférieur (Marnes d'Arzier, M6a) du Jura central. Montheys-Bécuel/Le Landeron [éch. Be 1 et 2 ; Mojon *in* Blanc, 1996], Jura suisse occidental. MHNG 59658.

Fig. A à D – *Valendocythere divisa* (OERTLI, 1966).

Ech. Be 2 (2^e niveau marneux Va1).

Fig. E à H – *Valendocythere helvetica* (OERTLI 1966).

Ech. Be 2.

Fig. I-J – *Cythereis matura* OERTLI, 1966.

Ech. Be 2.

Fig. K-L – *Bairdia major* DONZE, 1964.

Ech. Be 2.

Fig. M-N – *Cytherella elongata* DONZE, 1964.

Ech. Be 2.

Fig. O à R – *Macrodentina (Dictyocythere) mediostricta mediostricta* (SYLVESTER-BRADLEY, 1956).

Ech. Be 1 (1^{er} niveau marneux VaO).

A-B-E-F-I-O-P : carapaces ♂.

C-D-G-H-J-Q-R : carapaces ♀.

A-C-E-G-I-L-M-O-Q : vues latérales VD.

B-D-F-H-J-K-N-P-R : vues latérales VG.

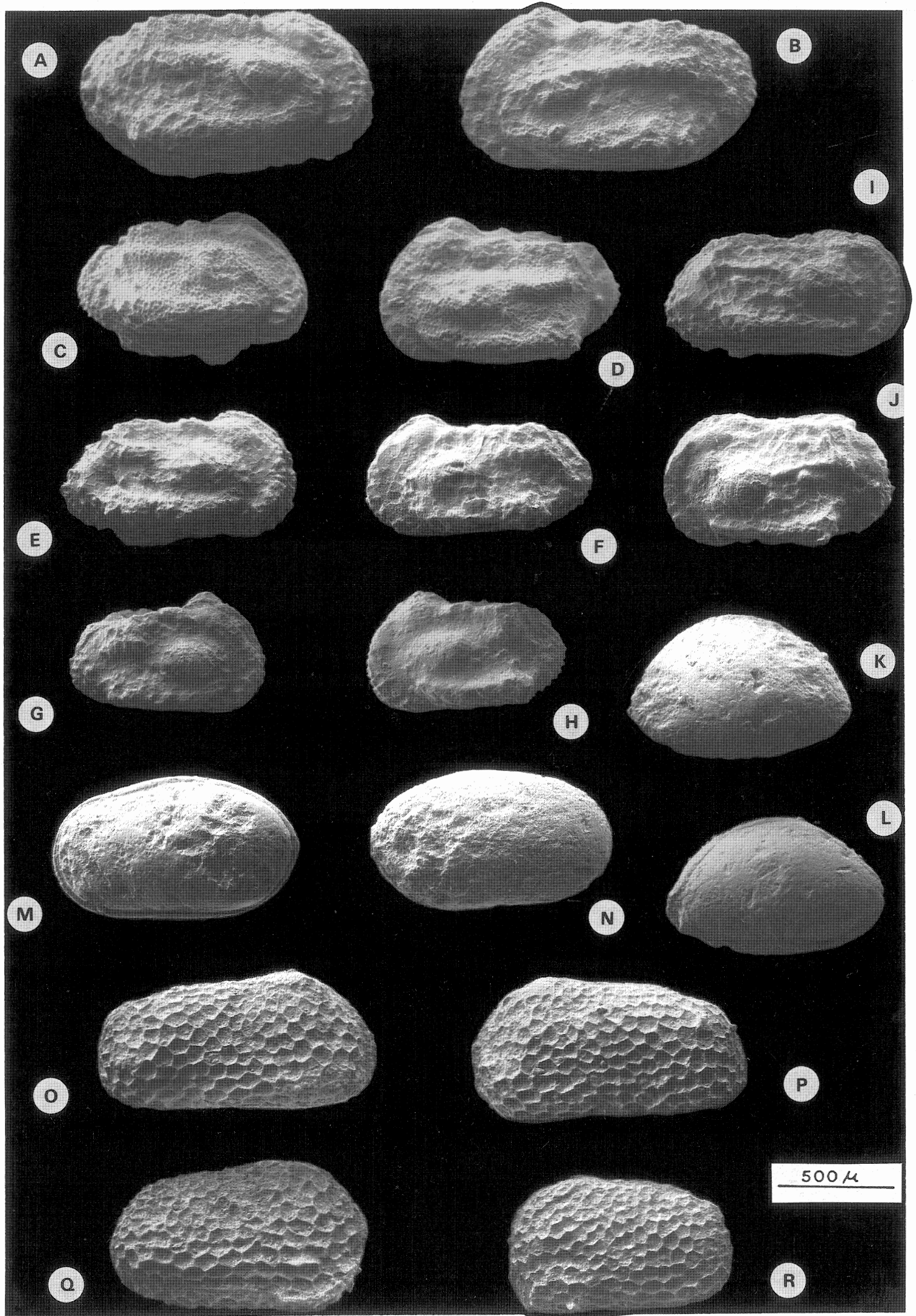


Planche 42

Ostracodes du Crétacé inférieur

Ostracodes marins berriasio-valanginiens du Jura central et méridional. MHNG 59657.

Fig. A-B – *Parexophthalmocythere rodewaldensis* BARTENSTEIN & BRAND, 1959.

Gorges-de-l'Areuse/Combes aux Epines (Marnes à *Astieria*, Valanginien supérieur, M7a'-M7a''), Jura suisse occidental.

Fig. C à F – *Parexophthalmocythere berriasensis* DONZE, 1965.

Carrière de Monnetier (éch. MC 97, Formation de Vions, Berriasien supérieur terminal, M5b), Jura français méridional. C-D : même spécimen, carapace ♂. E-F : même spécimen, carapace ♀.

Fig. G à I – *Parexophthalmocythere berriasensis*.

Valangin [éch. Val 1 ; Mojon *in* Blanc, 1996 ; Unité Inférieure Oolithique, Berriasien moyen, M4], Jura suisse occidental. G-H : même spécimen, carapace ♂. I : carapace ♀.

Fig. J-K – *Exophthalmocythere insignis* DONZE, 1965.

Valangin (éch. Val. 1).

A-C-E-G-J : vues latérales VD.

B-D-F-H-I-K : vues latérales VG.

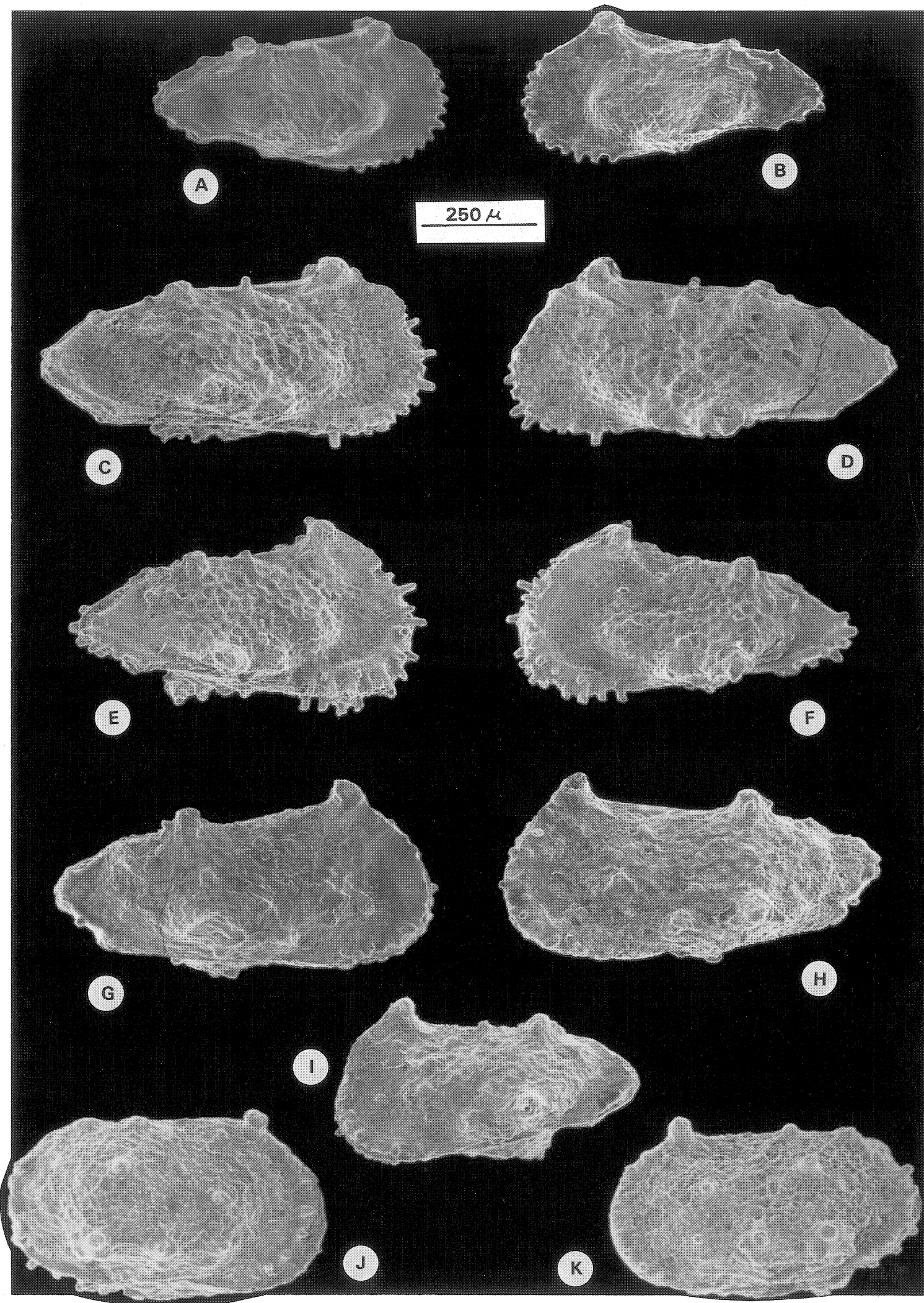


Planche 43

Charophytes du Crétacé inférieur

Utricules de Clavatoracées de l'Hauterivien (M7a) et du Barrémien inférieur (M7b) du Maestrazgo, Nord-Est de l'Espagne. MHNG 59607.

Fig. A à J et G' à J' – *Globator mutabilis* (MOJON, 1996) MOJON, 2002.

A à H : Les Rases (éch. LR2, Formation de Mirambell, Barrémien inférieur, M7b). Formes évoluées.

I-J : El Mangraner (éch. MAN 16, Formation d'El Cantaperdius, Hauterivien, M7a). Formes primitives.

A-B-C-D-E-I : vues latérales.

F : vue apicale.

G-H-J : vues basales.

G'-H'-J' : vues de détail de G-H-J montrant le développement variable des cellules basales.

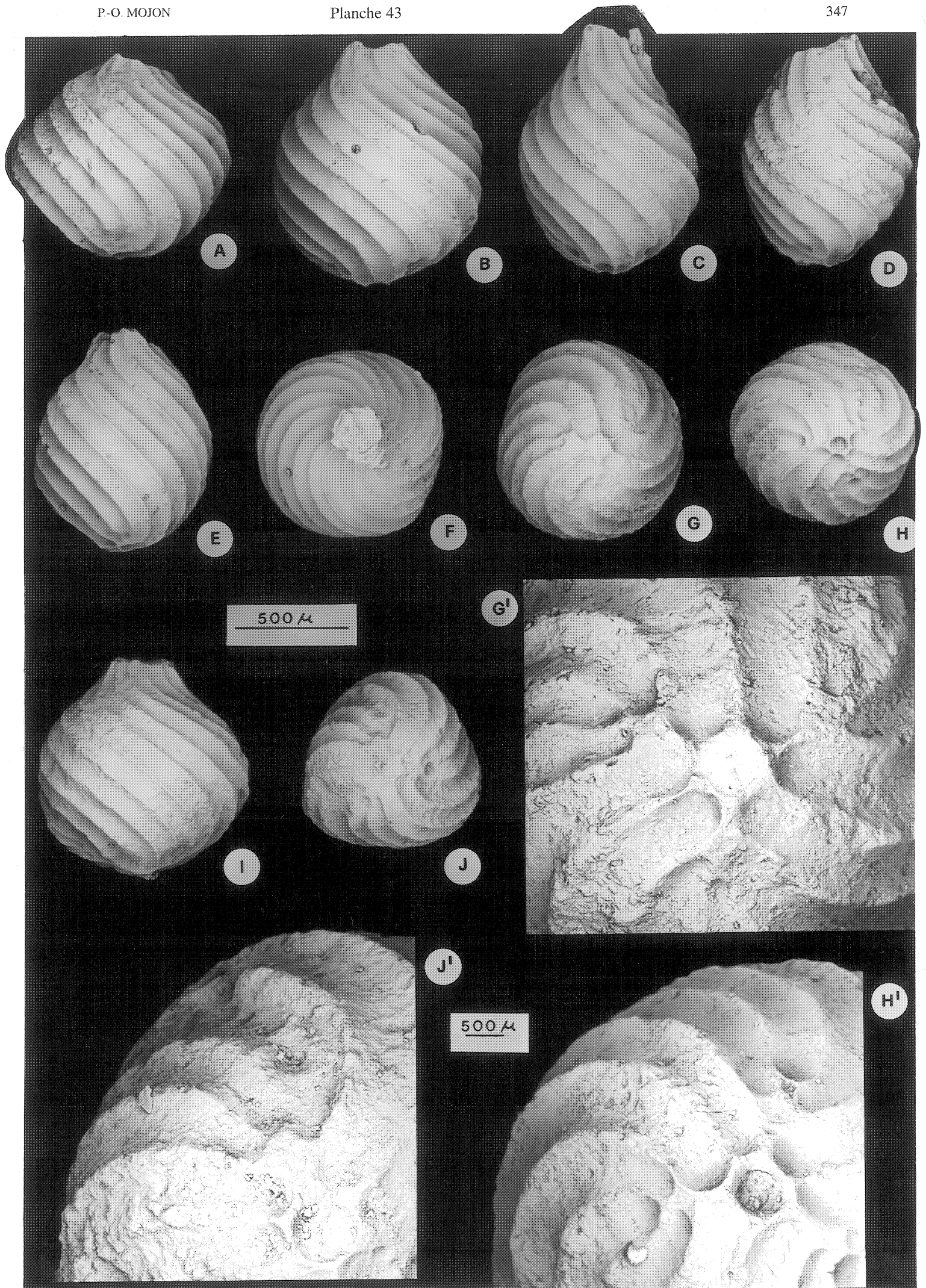


Planche 44

Charophytes du Crétacé inférieur

Utricules de Clavatoracées du passage Barrémo-Bédoulien du Maestrazgo, Nord-Est de l'Espagne. MHNG 59609.

Fig. A à E – *Atopochara trivolis triquetra* GRAMBAST, 1968.

Les Rases (éch. LR 2, Formation de Mirambell, Barrémien inférieur, M7b). Formes primitives de petite taille.

Fig. F-G – *Favargerella lata* (Martin-Closas, 1996) MOJON, 1996.

El Mangraner (éch. MAN 26, Formation Les Artoles, Aptien inférieur/Bédoulien, M8b).

Fig. H – *Hemiclavator adnatus* (MARTIN-CLOSAS & GRAMBAST-FESSARD, 1986) SCHUDACK, 1989.

El Mangraner (éch. MAN 18, Formation d'El Cantaperdius, Hauterivien, M7a). Utricule encore adhérent à un segment de rameau fertile.

A-B-C-F-H : vues latérales.

D : vue apicale.

E : vue basale.

G : vue transversale.

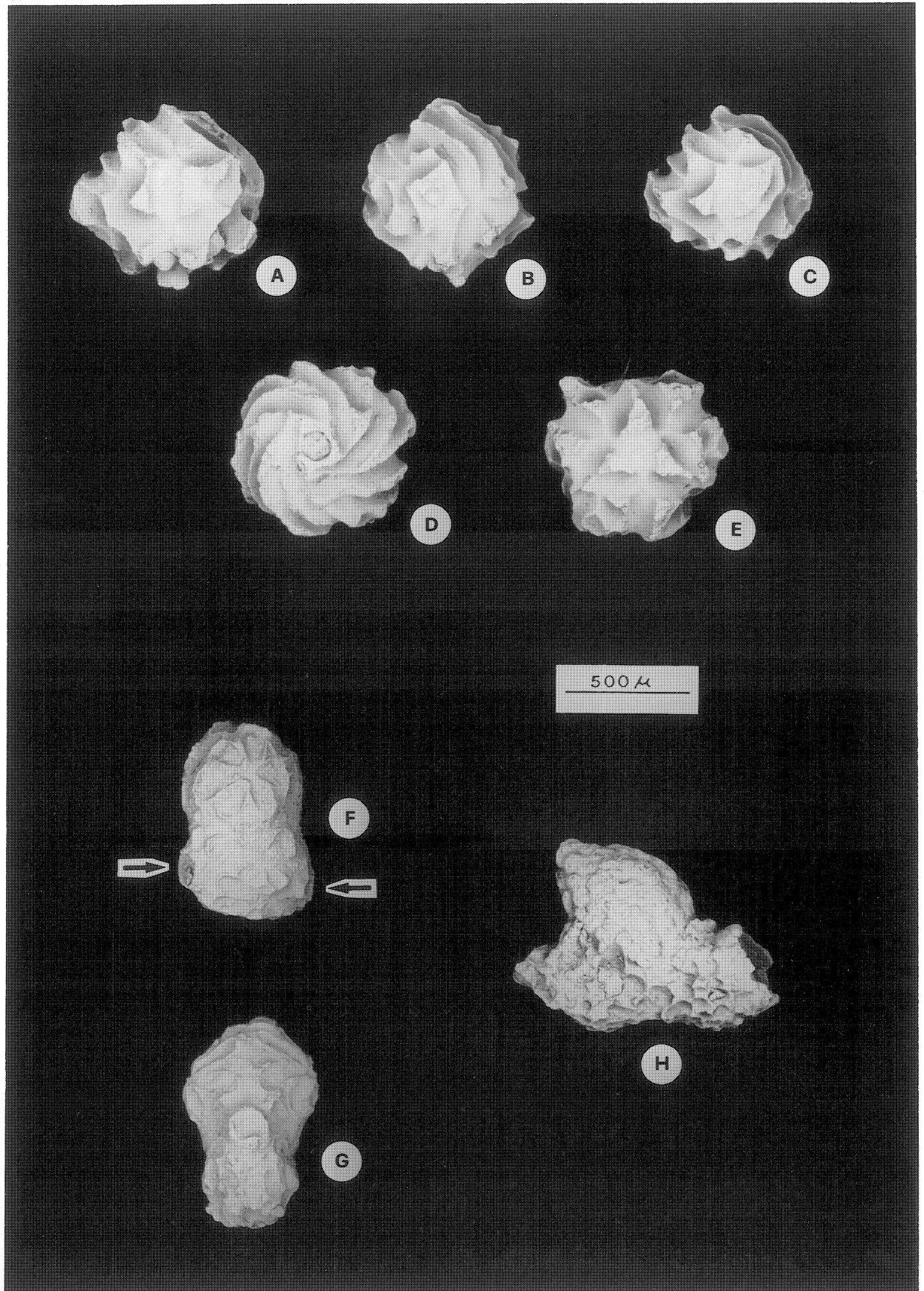


Planche 45

Charophytes du Crétacé inférieur

Utricules de Clavatoracées du Barrémien inférieur (M7b) du Maestrazgo, Nord-Est de l'Espagne. MHNG 59609.

Fig. A à H – *Favargerella stellata* (MARTIN-CLOSAS & GRAMBAST-FESSARD, 1986) MOJON, 1996.

Les Rases (éch. LR 6, Formation de Mirambell, Barrémien inférieur, M7b). Rameau fertile composé de 4 utricules encore immatures.

A-B : vues latérales.

E : vue transversale.

C-D-F-G-H : vues de détail.

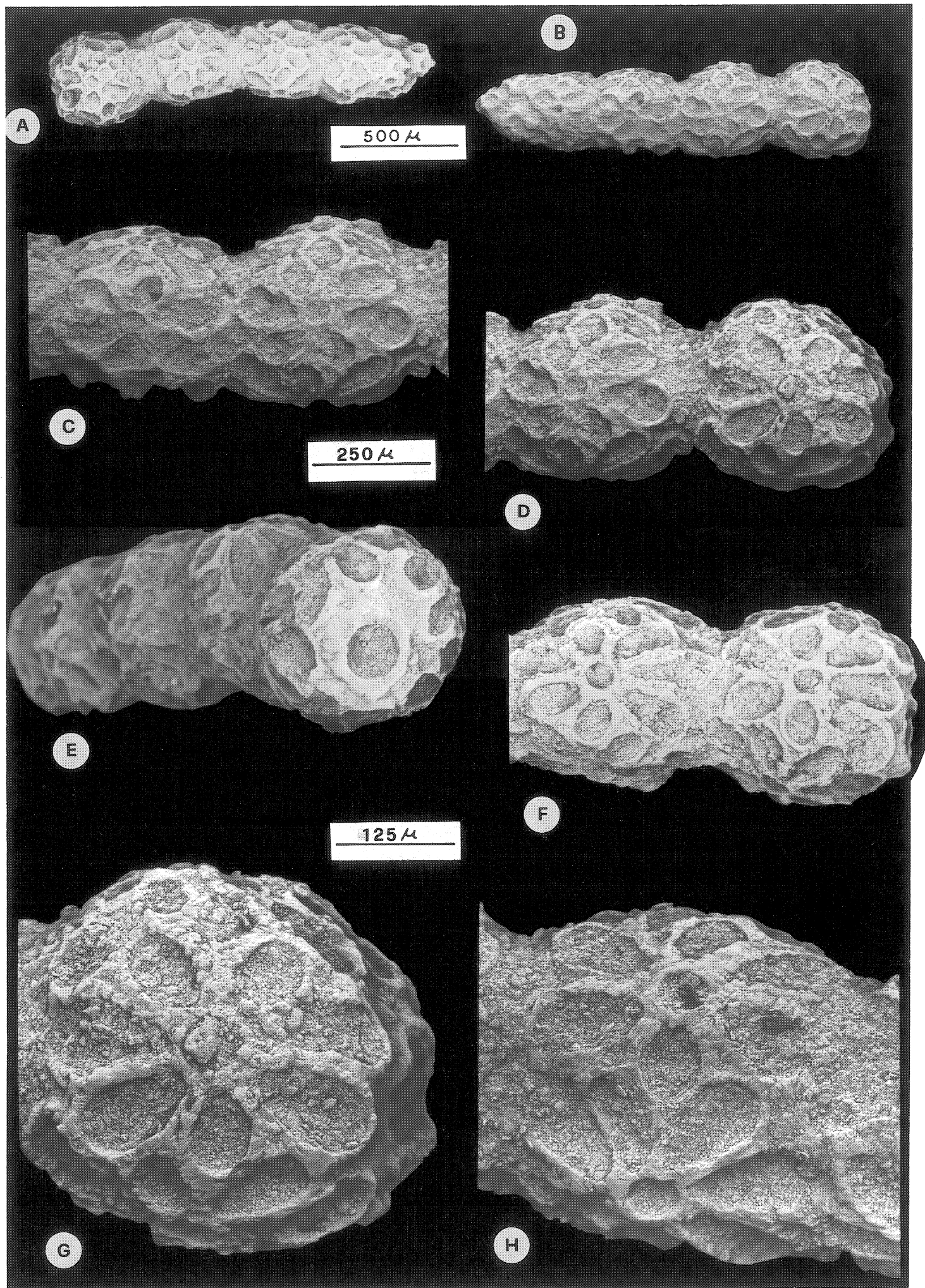


Planche 46

Charophytes du Crétacé inférieur

Utricules de Clavatoracées de l'Hauterivien (M7a) et du Barrémien supérieur (M8a) du Maestrazgo et des Catalanides, Nord-Est de l'Espagne.

Fig. A-A' – *Globator mutabilis* (MOJON, 1996) MOJON, 2002.

El Mangraner (éch. MAN 16, Formation d'El Cantaperdius, Hauterivien, M7a), Maestrazgo. Forme primitive (même spécimen que fig. I, Pl. 43). MHNG 59607.

Fig. B-E-E' – *Globator trochiliscoides* GRAMBAST, 1966.

Cabo del Termino [éch. CTE-2 in Martin-Closas, 1989 ; argiles latéritiques de la partie supérieure de la Formation d'El Cantaperdius, Barrémien supérieur, M8a], Catalanides. MHNG 59609.

A-D-F : vues basales, fortement aggrandies en A'-D'-E'.

B-C : vues latérales.

A' : vue de détail montrant les cellules basales réduites.

D'-E' : vues de détail montrant l'absence de cellules basales.

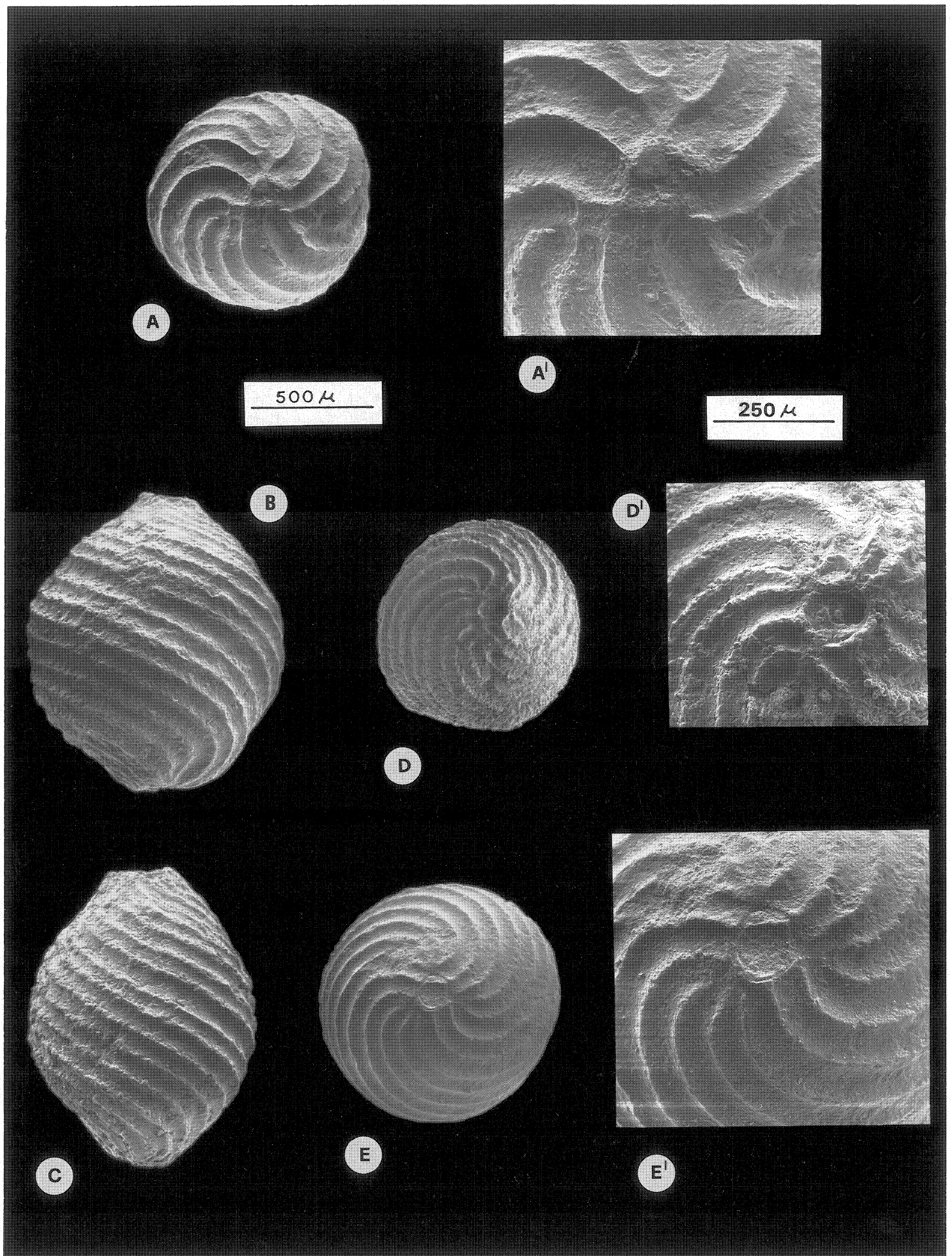


Planche 47

Charophytes du Crétacé inférieur

Utricules de Clavatoracées des faciès urgoniens (dépôts deltaïques wealdiens/Membre BsAib, Aptien inférieur/Bédoulien, M8b) de la Chartreuse occidentale (Alpes occidentales, Sud-Est de la France). La Ruchère [éch. LRu 4-5 ; *in* Mojon, 1988b]. MHNG 59612.

Fig. A à E – *Atopochara trivolis triquetra* GRAMBAST, 1968.

Formes évoluées.

Fig. F à I – *Globator trochiliscoides* GRAMBAST, 1966.

Fig. J à L – *Pseudoglobator paucibracteatus* MARTIN-CLOSAS & GRAMBAST-FESSARD, 1986.

A-C-D-F-G-J-K-L : vues latérales.

B-H : vues apicales.

E-I : vues basales.

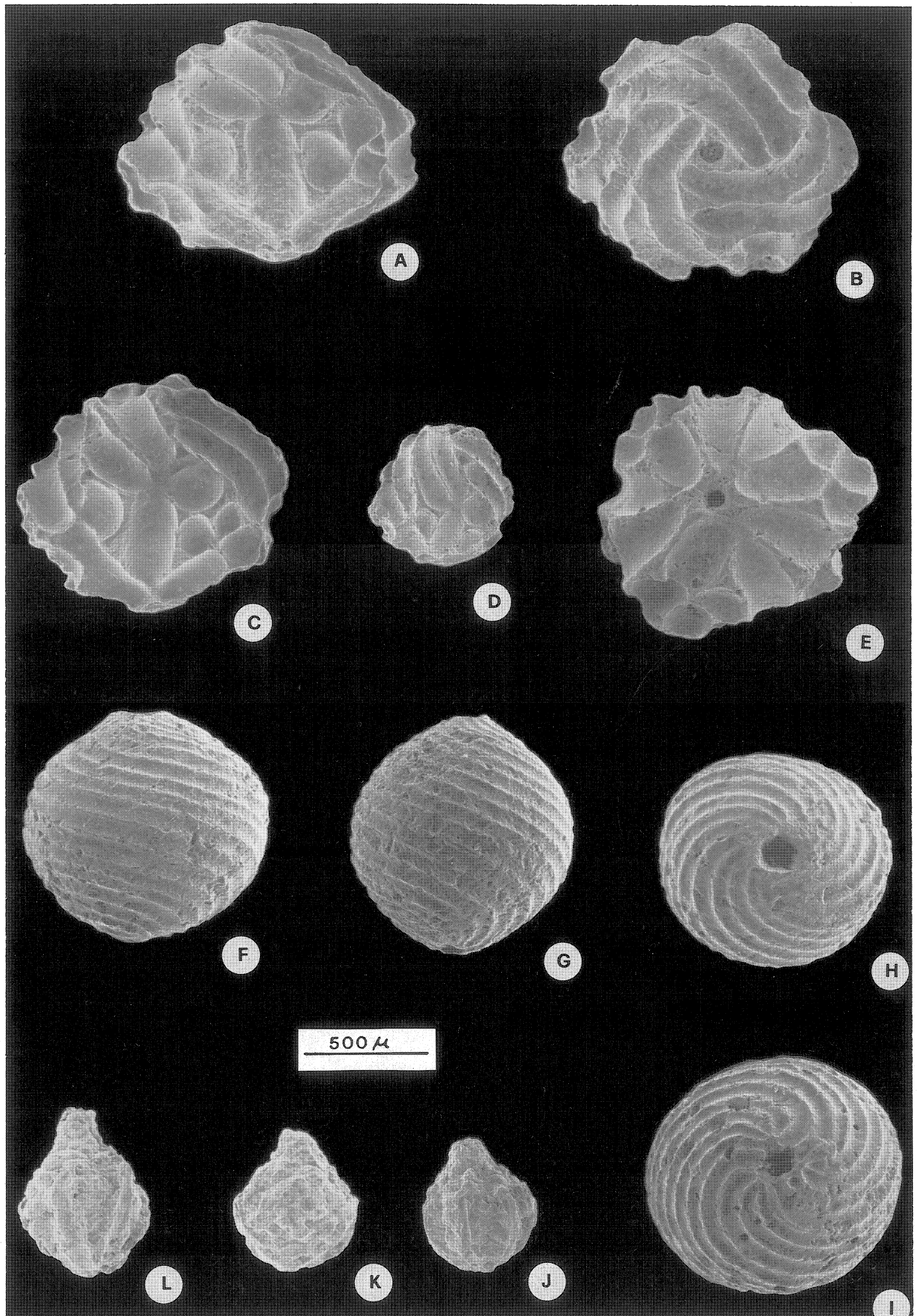


Planche 48

Ostracodes du Crétacé inférieur

Ostracodes laguno-lacustres des faciès urgoniens (dépôts deltaïques wealdiens/Membre BsAib, Aptien inférieur/Bédoulien, M8b) de la Chartreuse occidentale (Alpes occidentales, Sud-Est de la France). MHNG 59631.

Fig. A à H – *Cypridea gigantissima* MOJON, 1990.

A-B-C-D-E-F : Gorges du Guiers Vif (éch. GGV 4) ; G-H : La Ruchère (éch. LRu 4-5).

A-C-H : vues latérales VG.

B-G : vues latérales VD.

D-E : vues dorsales.

F : vue ventrale.

C : carapace juvénile (stade larvaire).

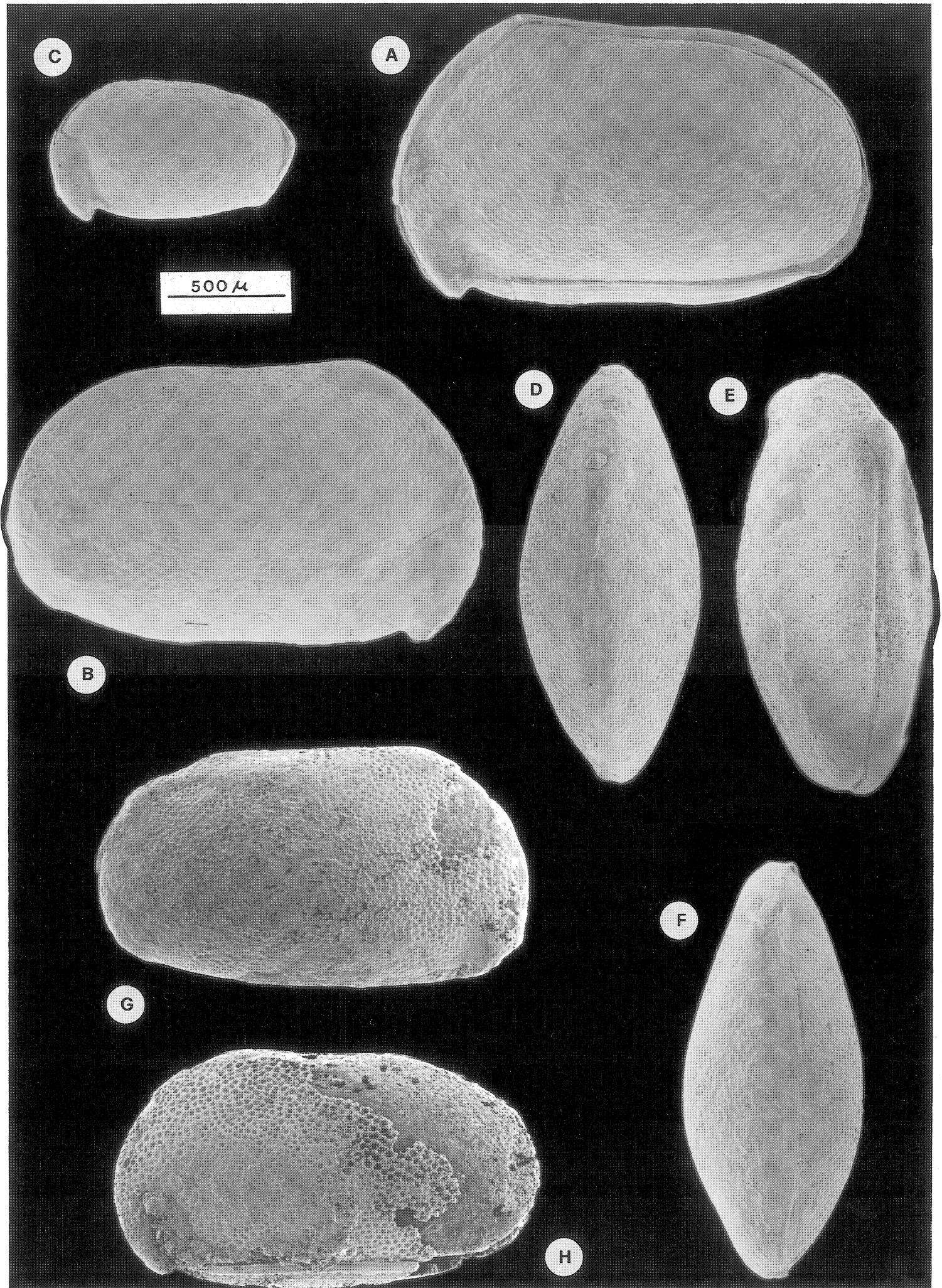


Planche 49

Charophytes du Jurassique supérieur (Malm)

Clavatoracées (thalles et utricules) et Porocharacées (gyrogonites) en lames-minces du Kimméridgien basal du Jura suisse septentrional. Niveau calcaire laguno-lacustre des Hautes-Roches [éch. MP 525 in Mojon et Mouchet, 1992 ; partie basale de la Formation de Reuchenette], près de Moutier (BE). MP 525-I à 525-IV : collection de l'Institut de Géologie de l'Université de Neuchâtel.

Fig. A à E – *Echinochara pecki* (MÄDLER, 1952) GRAMBAST, 1965.

Fragments de thalles en coupes axiale sagittale (A), axiale tangentielle (B) et transversales (C-D-E).

Utricules en coupes transversale (B, en haut) et axiale sagittale (E, à droite).

Fig. E – *Porochara kimmeridgensis* (MÄDLER, 1952) MÄDLER, 1955 emend. MOJON, 1989.

Gyrogonites en coupes axiales tangentielles (en haut, à gauche ; au centre, à droite).

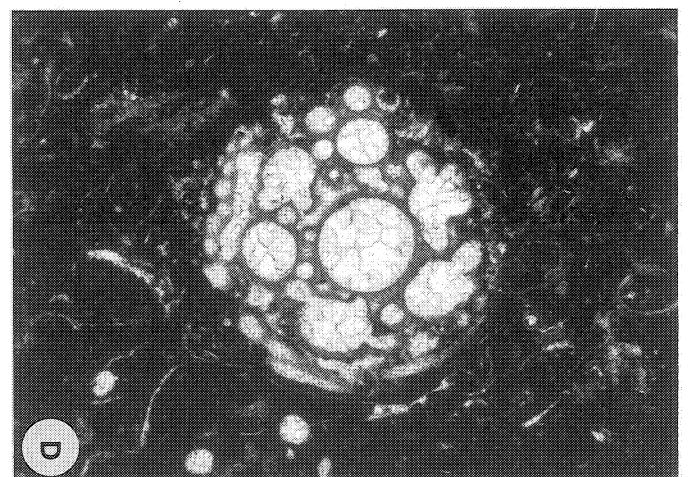
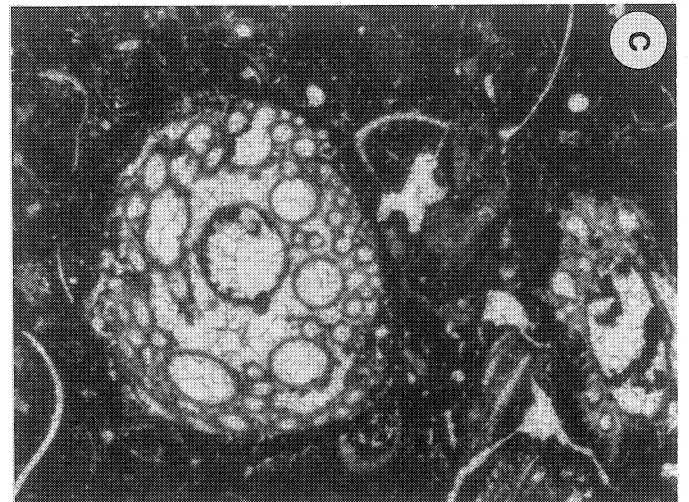
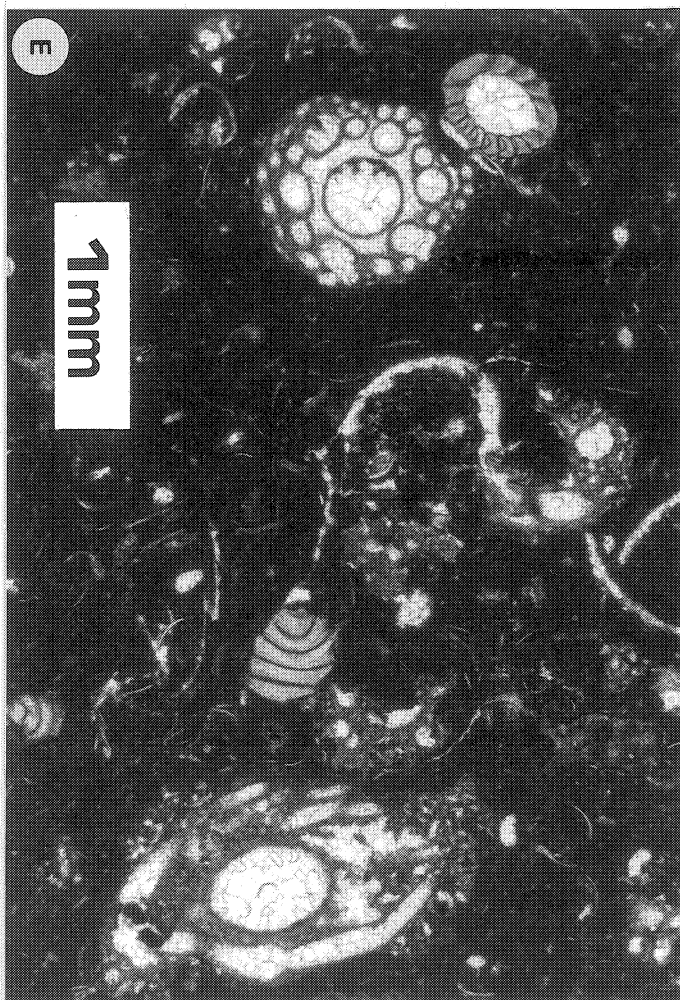
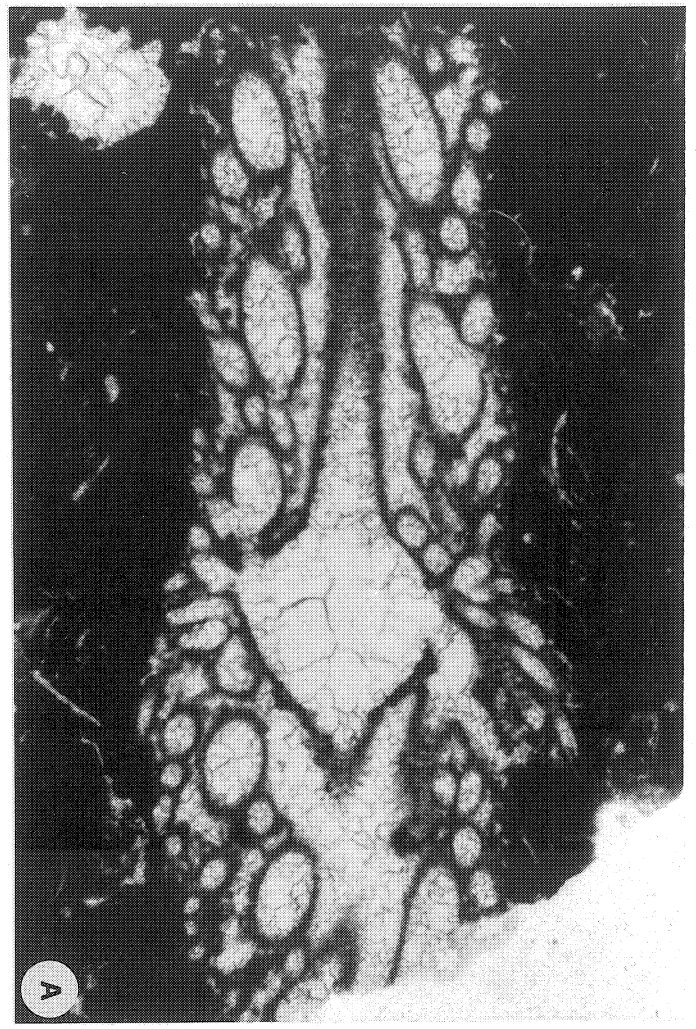
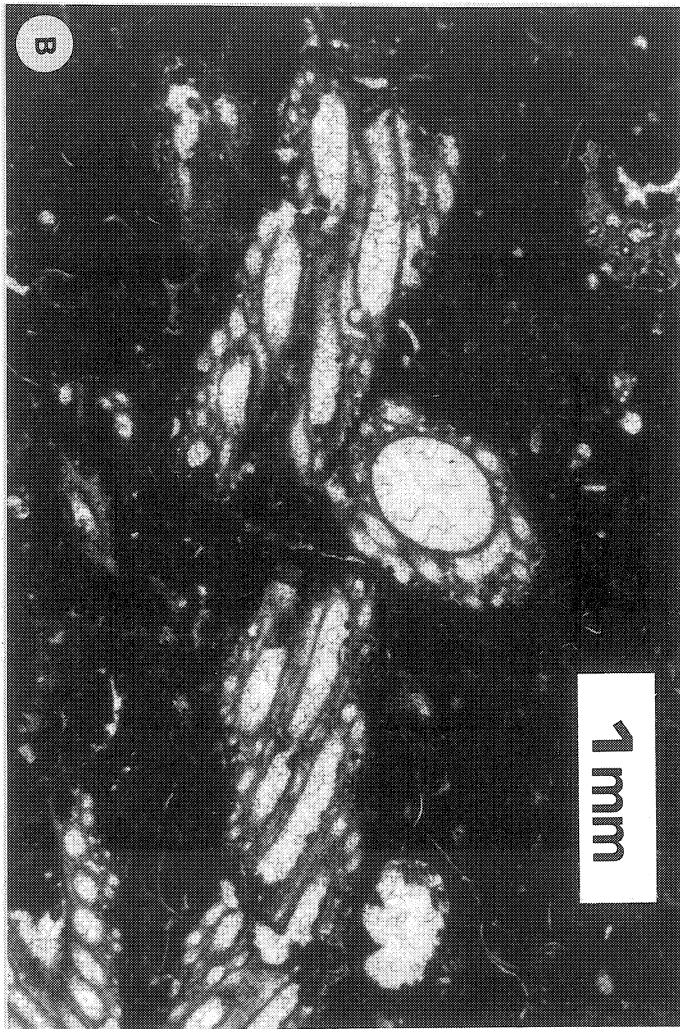


Planche 50

Charophytes du Jurassique supérieur (Malm)

Clavatoracées (thalles et utricules) en lames-minces du Kimméridgien basal du Jura suisse septentrional. Niveau calcaire laguno-lacustre des Hautes-Roches [éch. MP 525 in Mojon et Mouchet, 1992 ; partie basale de la Formation de Reuchenette], près de Moutier (BE). MP 525-I à 525-IV : collection de l'Institut de Géologie de l'Université de Neuchâtel.

Fig. A à I – *Echinochara pecki* (MÄDLER, 1952) GRAMBAST, 1965.

Fragments de thalles en coupes transversales (A) plus ou moins obliques (B-C-D-E) et axiale tangentielle montrant la disposition hélicoïdale des cellules corticales (I). Utricules en coupe axiale sagittale (F) et transversales (G : 1 + 2 utricules ; H : groupe de 3 utricules disposés circulairement et encore partiellement immatures, adhérents les uns aux autres).

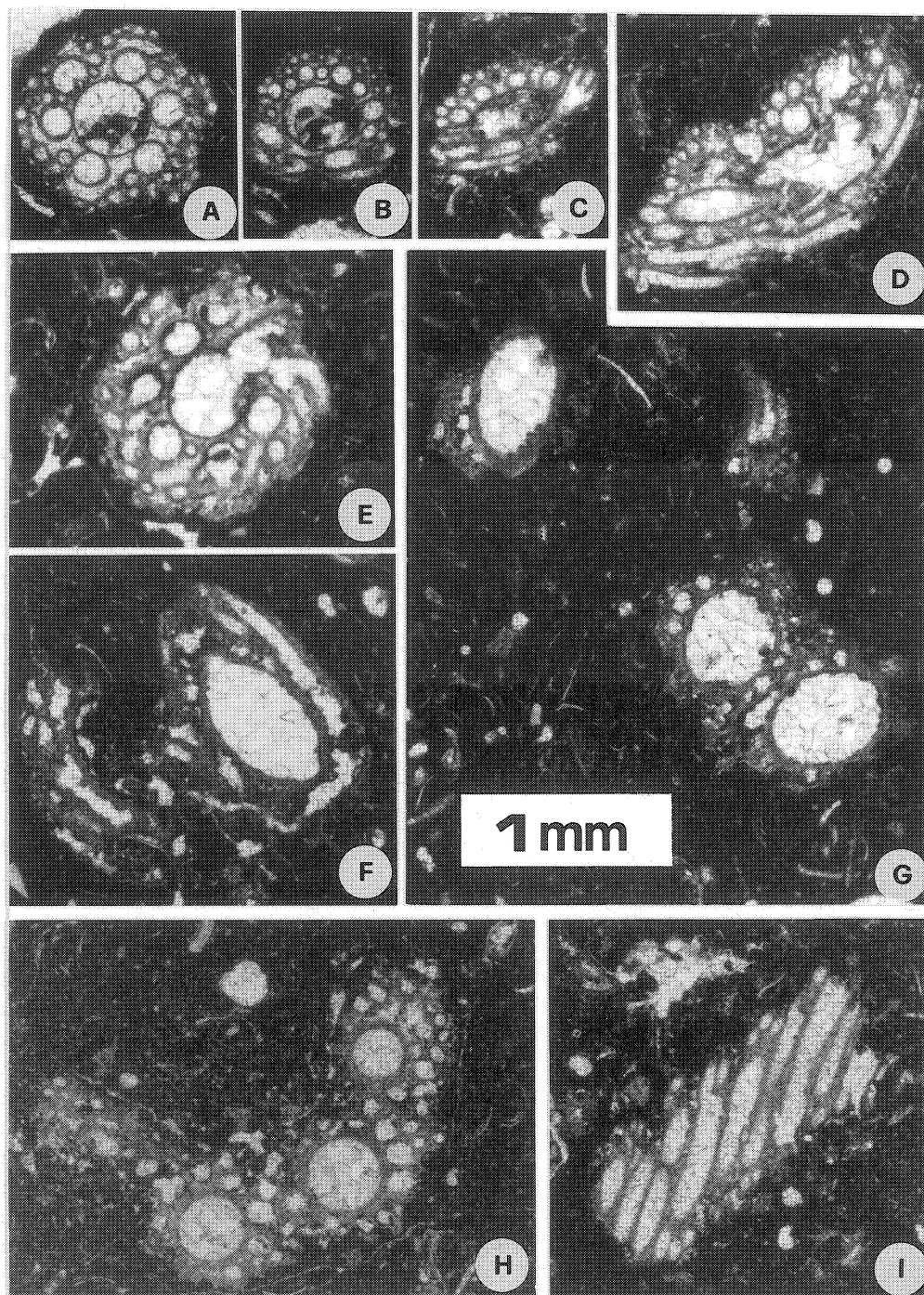


Planche 51

Charophytes du Crétacé basal

Clavatoracées (thalles et utricules) et Porocharacées (gyrogonites) en lames-minces, faciès purbeckiens (Berriasien inférieur – moyen basal) du Jura central. Riedli/Bienne (éch. RB 14-32-36-42, Couches nymphéennes), Jura suisse occidental.

Fig. A – *Perimneste horrida* HARRIS, 1939.

Utricule en coupe transversale. MGL 47374.

Fig. B – *Porochara maxima* (DONZE, 1955) DONZE, 1958 emend. MOJON, 1989.

Gyrogonite en coupe axiale sagittale. MGL 47370bis.

Utricule de *Clavator reidi* en coupe transversale (flèche). MGL 47370bis.

Fig. C à F – *Clavator reidi* GROVES, 1924.

Thalles et utricule (flèche) en coupes transversales. C : noeud. D-E-F : entre-noeuds. D : base de noeud. E : entre-noeud avec cortication réticulée externe. C : MGL 47370. D : MGL 47371. E : MGL 47372. F : MGL 47373.

Fig. G – *Porochara jaccardi* (HEER, 1865) MOJON, 1989.

Gyrogonites en coupes axiales tangentiellles (en haut) et axiale sagittale (en bas). MGL 47375.

A : éch. RB 42 (galet noir, chenal de marée, M3).

B-C-D-G : éch. RB 36 (tempestite, M1b).

E : éch. RB 14 (galet noir, estran vaseux, M1b).

F : éch. RB 32 (galet noir, estran vaseux, M1b).

500 μ

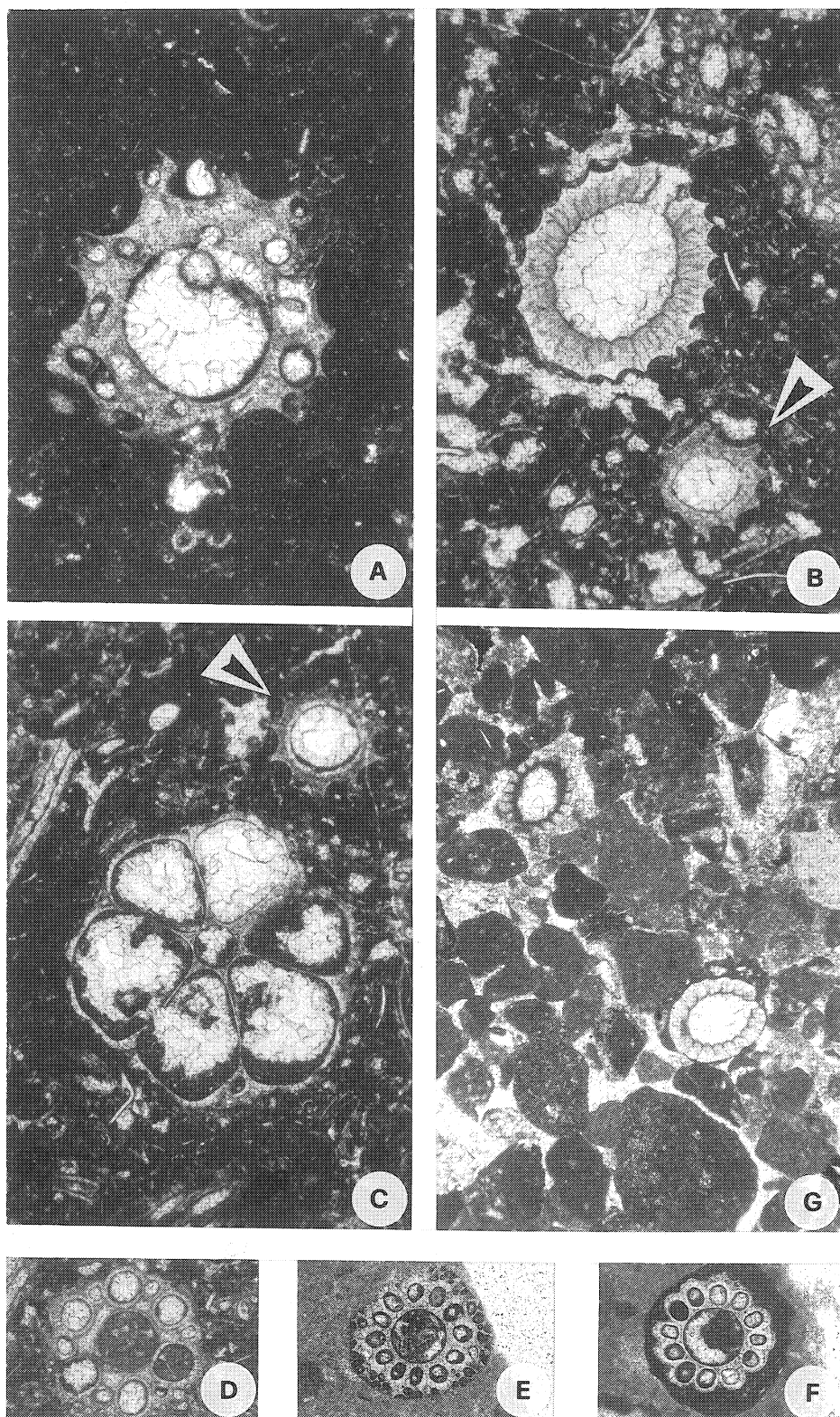


Planche 52

Charophytes du Crétacé basal

Porocharacées (gyrogonites).

Fig. A à D - *Porochara maxima* (DONZE, 1955) DONZE, 1958 emend. MOJON, 1989.

Lames-minces, faciès purbeckiens (Berriasien inférieur – moyen basal) du Jura central. Carrière Juracime (éch. Ju 39, Couches nymphéennes, M1b), Jura suisse occidental. MHNG 59951.

A-B : gyrogonites en coupes axiales sagittales.

C-D : détail de la calcification des gyrogonites ; l'ectocalcine présente des cristaux de calcite disposés radiairement selon une configuration dite "en éventail" ou "en Y", alors que l'endocalcine beaucoup plus mince forme une bordure interne foncée et homogène. Vues en lumière polarisée.

Fig. 134 – "*Chara*" *jaccardi* HEER, 1865 [= *Porochara jaccardi* (HEER, 1865) MOJON, 1989].

Représentation d'époque des gyrogonites d'une des premières Charophytes fossiles à être signalée et décrite dans le Purbeckien du Jura. Reproduction agrandie de la figure originale du mémoire de O. Heer sur "Le monde primitif de la Suisse" ("Die Urwelt der Schweiz").

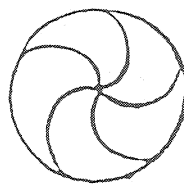
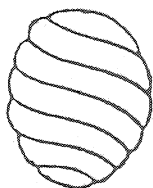
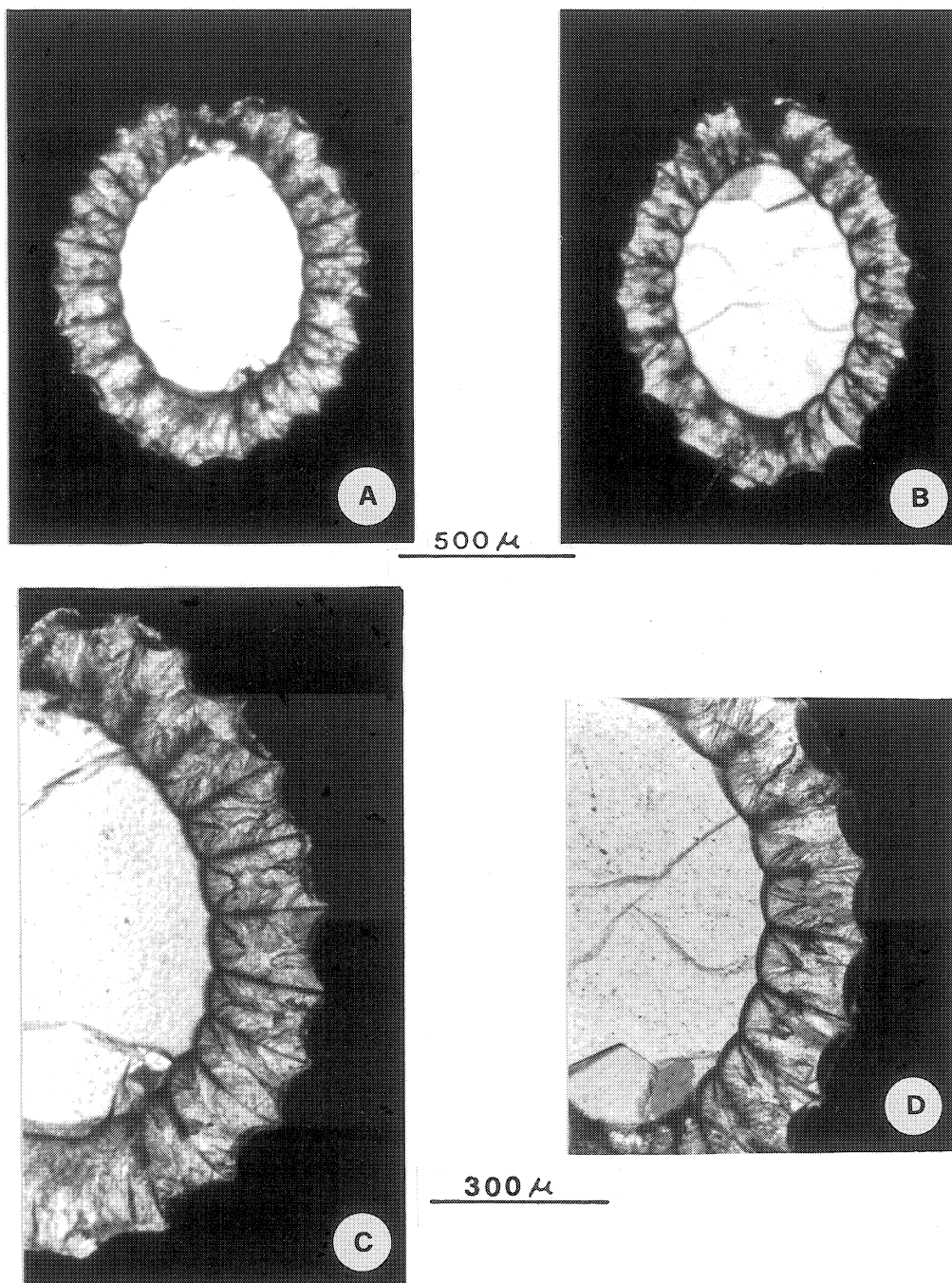


Fig. 134. *Chara Jaccardi* Hr. Brenets Ranton
Neuchâtel. Länge 0,72 Mm. Breite 0,55 Mm.

Planche 53

Charophytes du Crétacé inférieur

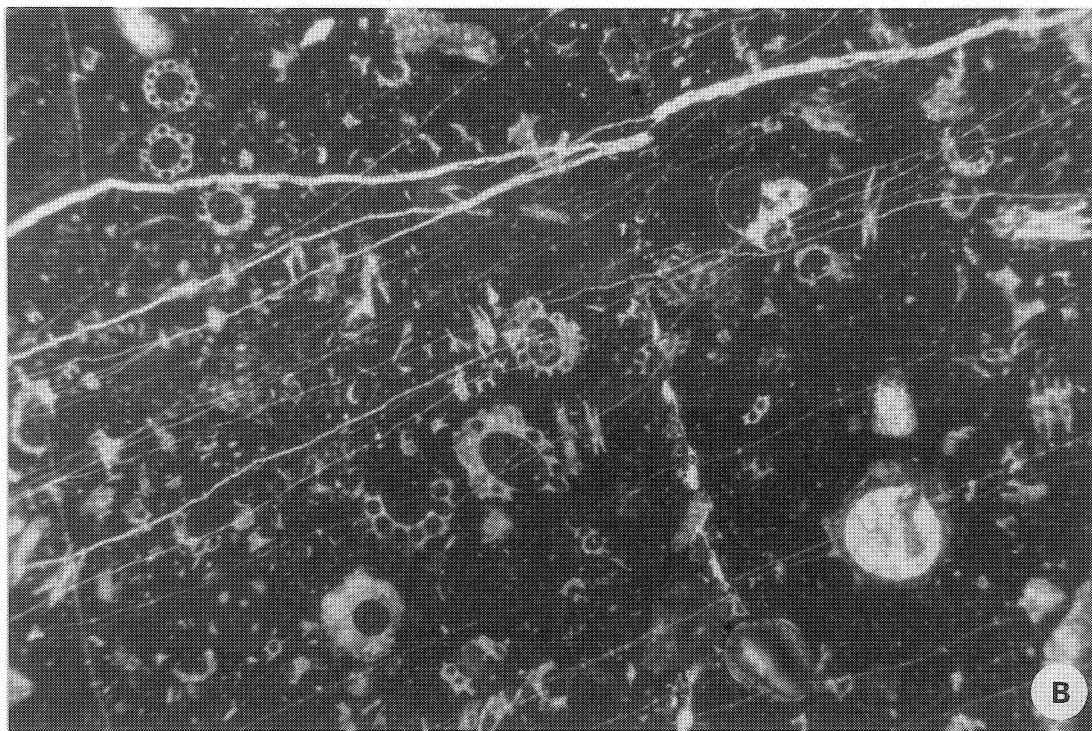
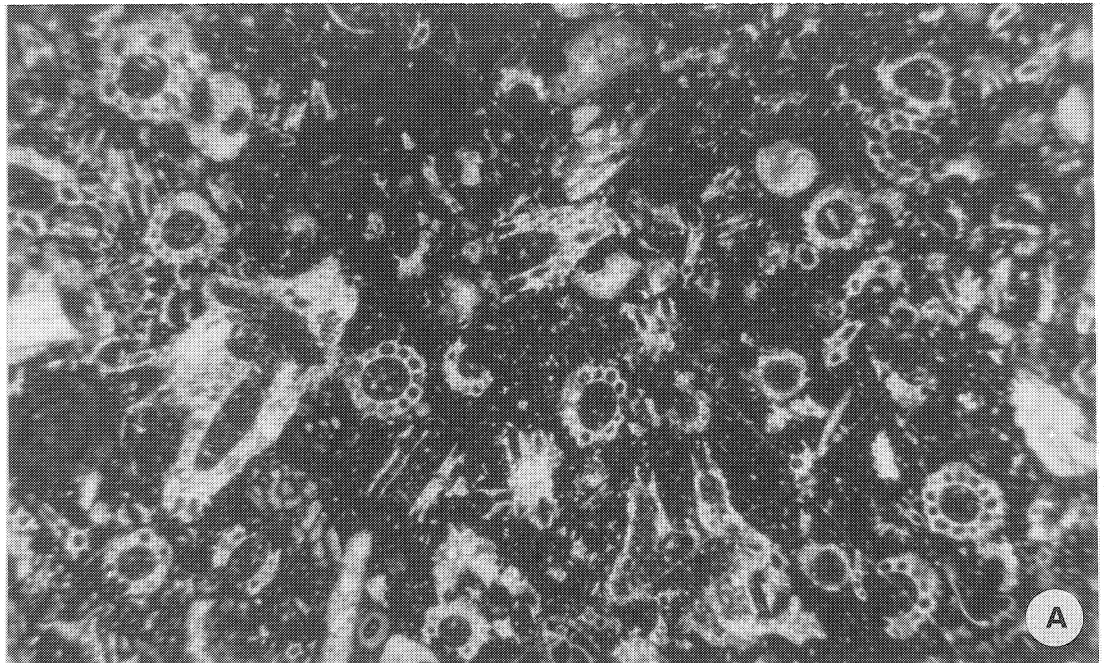
Fig. A à C – Vues générales du microfaciès du niveau lacustre à Charophytes (Clavatoracées, Porocharacées) des faciès urgoniens (Barrémien supérieur, M8a) du Plateau d'Andey (massif des Bornes, Alpes occidentales, Sud-Est de la France). Site 39.

A : thalles de *Hemiclavator adnatus*. MHNG 59997.

B : utricule d'*Atopochara trivolvis triquetra* (forme évoluée de taille moyenne). MHNG 59998.

C : gyrogonites de *Porochara maestratica* (petites formes). MHNG 59999.

Vues de détail sur la Planche 54.



500 μ

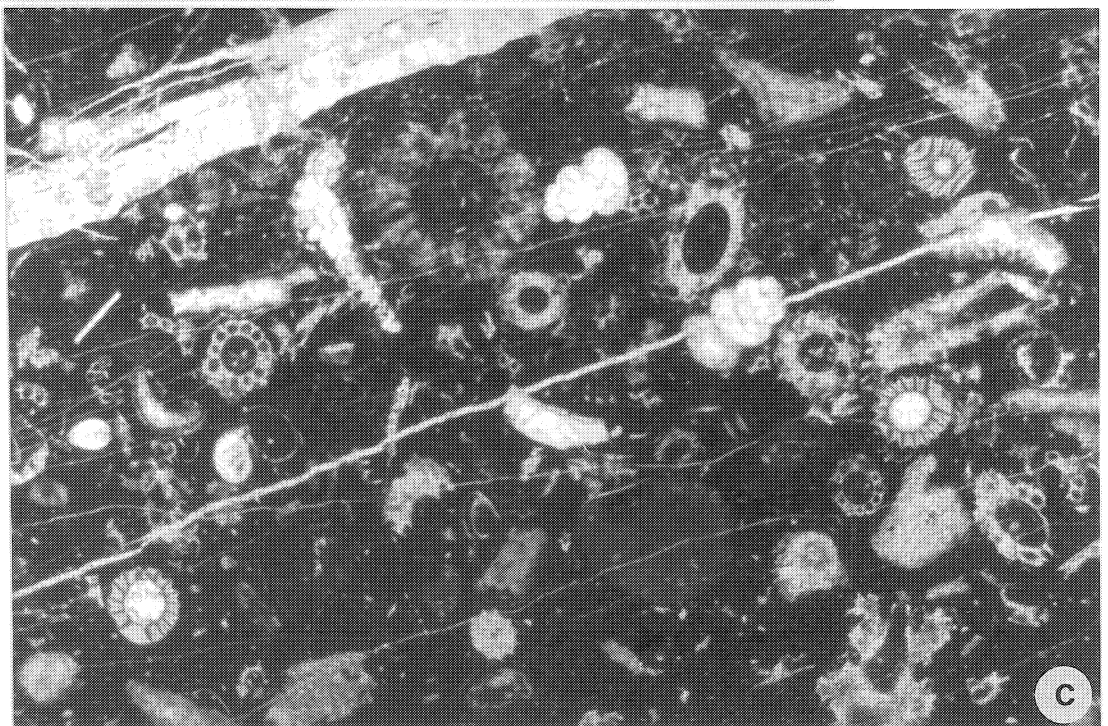


Planche 54

Charophytes du Crétacé inférieur

Utricules de Clavatoracées et gyrogonites de Porocharacées du niveau lacustre des faciès urgoniens (Barrémien supérieur, M8a) du Plateau d'Andey (massif des Bornes, Alpes occidentales, Sud-Est de la France). Site 39.

Fig. A-B - *Atopochara trivolis triquetra* GRAMBAST, 1968.

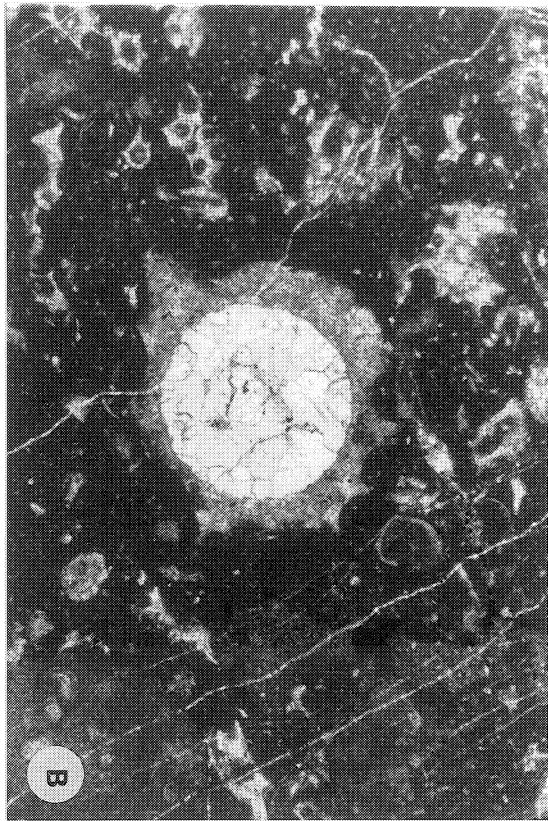
Formes évoluées de taille moyenne. MHNG 59998 (A) et MHNG 60000 (B).

Fig. C-D – *Porochara maestatica* (MARTIN-CLOSAS & GRAMBAST-FESSARD, 1986) SCHUDACK, 1989.

Petites formes. MHNG 60000 (D) et MHNG 60001 (C).

A-C-D : coupes axiales sagittales.

B : coupe transversale.



500 μ

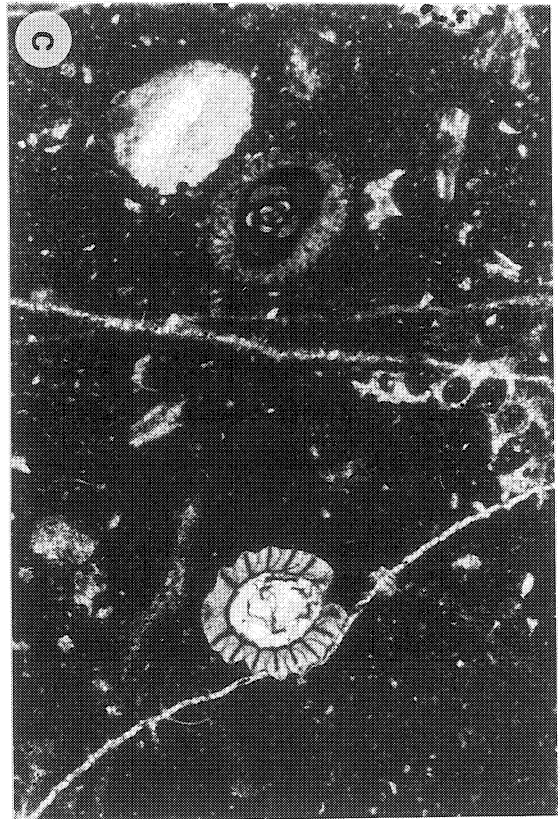
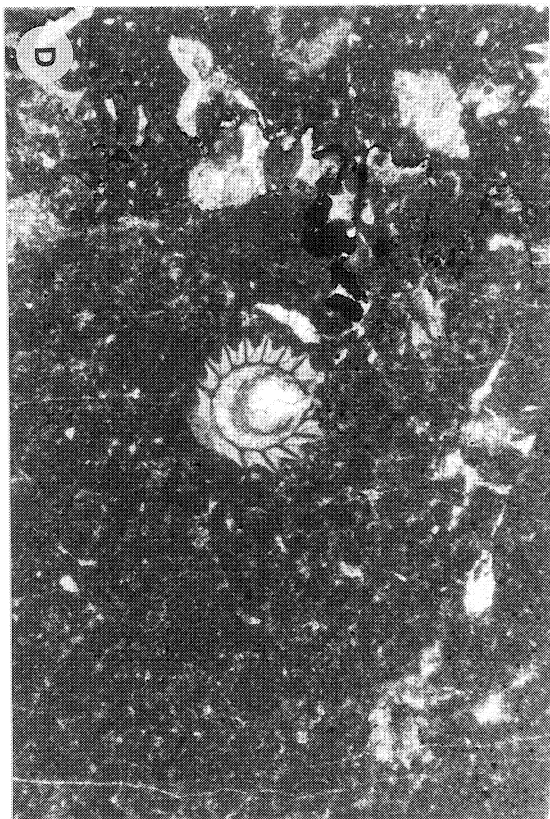


Planche 55

Charophytes du Crétacé inférieur

Utricules de Clavatoracées des faciès urgoniens (dépôts deltaïques wealdiens/Couches BsAib, Aptien inférieur/Bédoulien, M8b) de la Chartreuse occidentale (Alpes occidentales, Sud-Est de la France). La Ruchère [éch. LRu 4, galet de calcaire lacustre remanié ; *in* Mojon, 1988b].

Fig. A à D – *Atopochara trivolvis triquetra* GRAMBAST, 1968.

Formes évoluées de grande taille, avec remplissages sédimentaires géotropes. En A, à droite, vue d'un utricule de *Globator trochiliscoides* en coupe tangentielle. En C-D, fissures de dessiccation visibles.

A-B : coupes axiales sagittales (même spécimen). MHNG 60013.

C-D : coupes transversales (même spécimen). MHNG 60014.

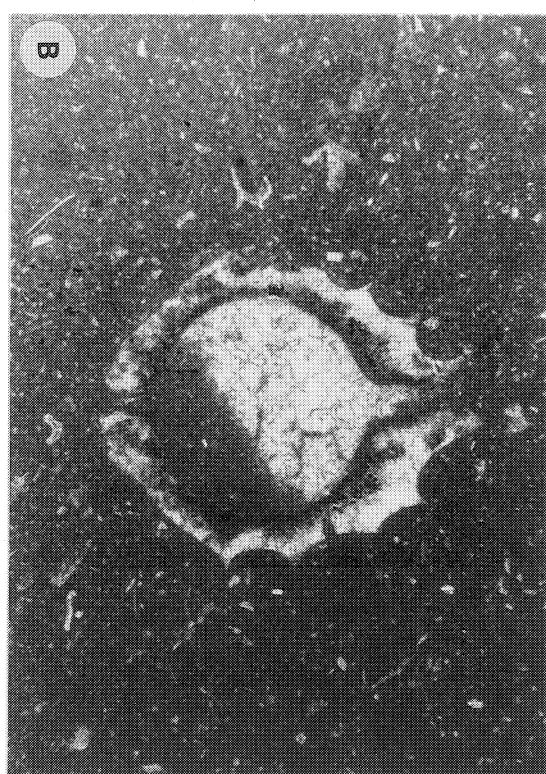
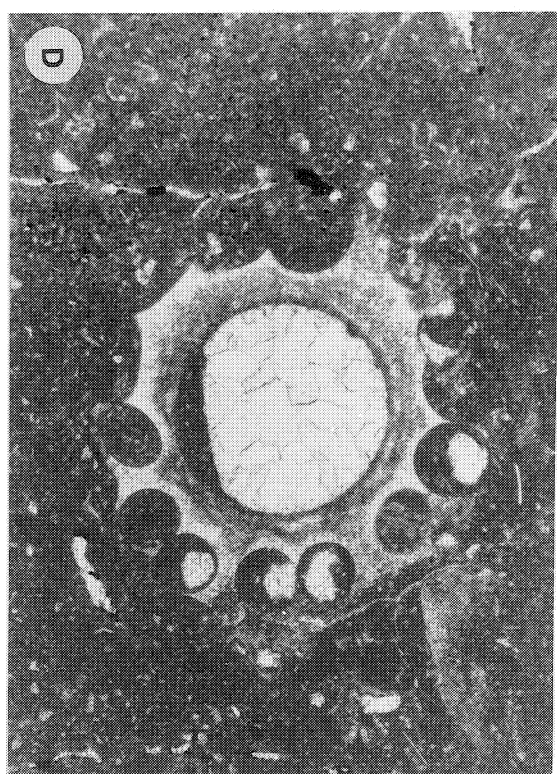
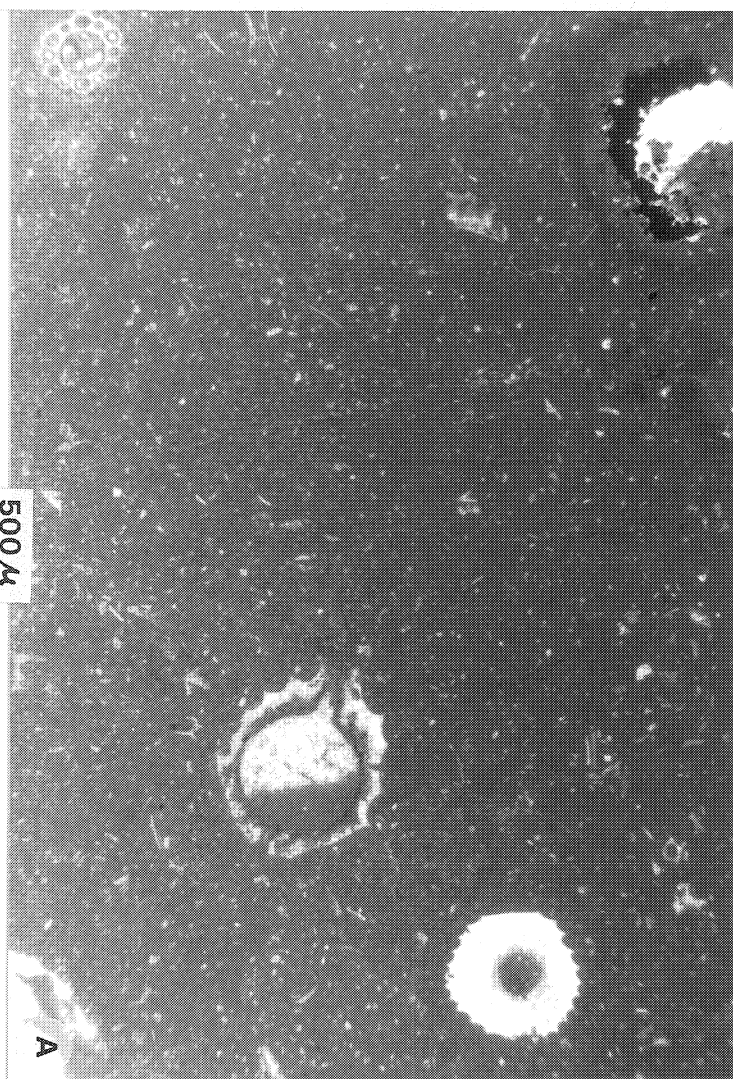
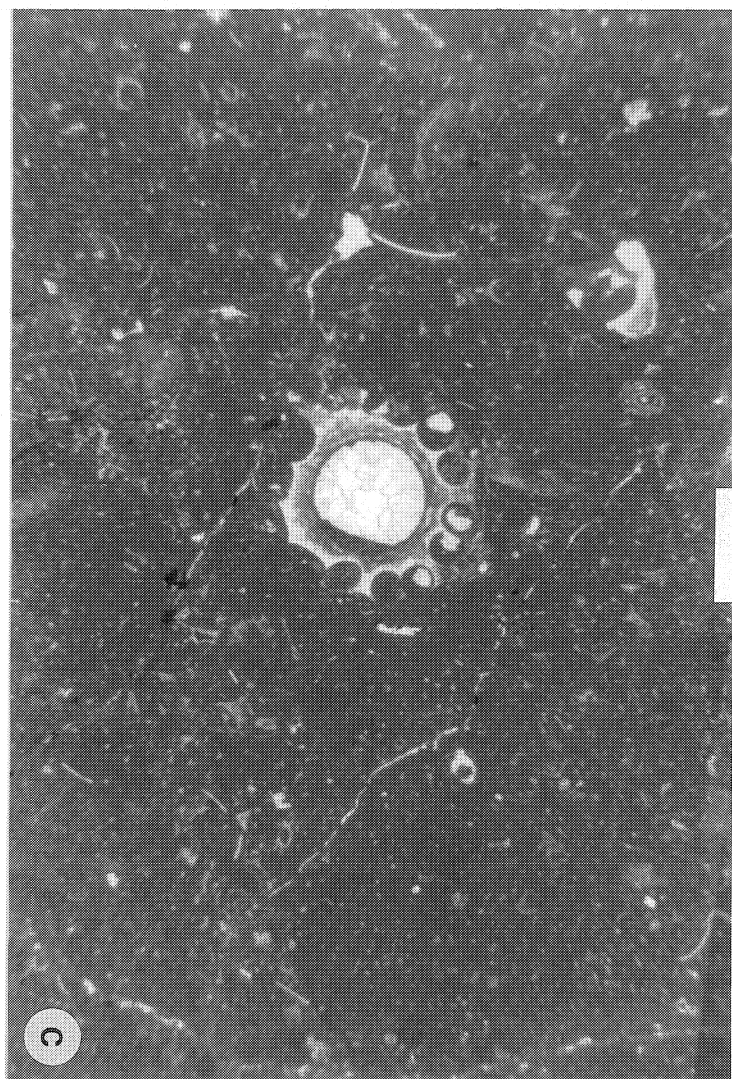


Planche 56

Charophytes du Crétacé inférieur

Fig. A à F – Coupes transversales de thalles attribués à *Atopochara trivolis triquetra* (Clavatoracées). Faciès urgoniens de la Chartreuse occidentale (Alpes occidentales, Sud-Est de la France). Berland, Unité de lever 4, Couches BsAia (Aptien inférieur/Bédoulien, M8b). Série MHNG 60007 à 60009. Vues en lumière polarisée.

A-B-D : coupes successives d'un axe principal depuis un noeud de rameaux secondaires ou phylloïdes (D) vers l'extrémité de cet axe (B : position intermédiaire ; A : position la plus distale). En A-B, calcification formant une sorte de manchon de précipitation (mucilage ?) enrobant l'axe principal du thalle (au centre) et les verticilles de rameaux secondaires périphériques (phylloïdes).

C-E-F : coupes obliques montrant les terminaisons triradiées des phylloïdes, selon une symétrie d'ordre 3 typique des *Atopocharoideae*.

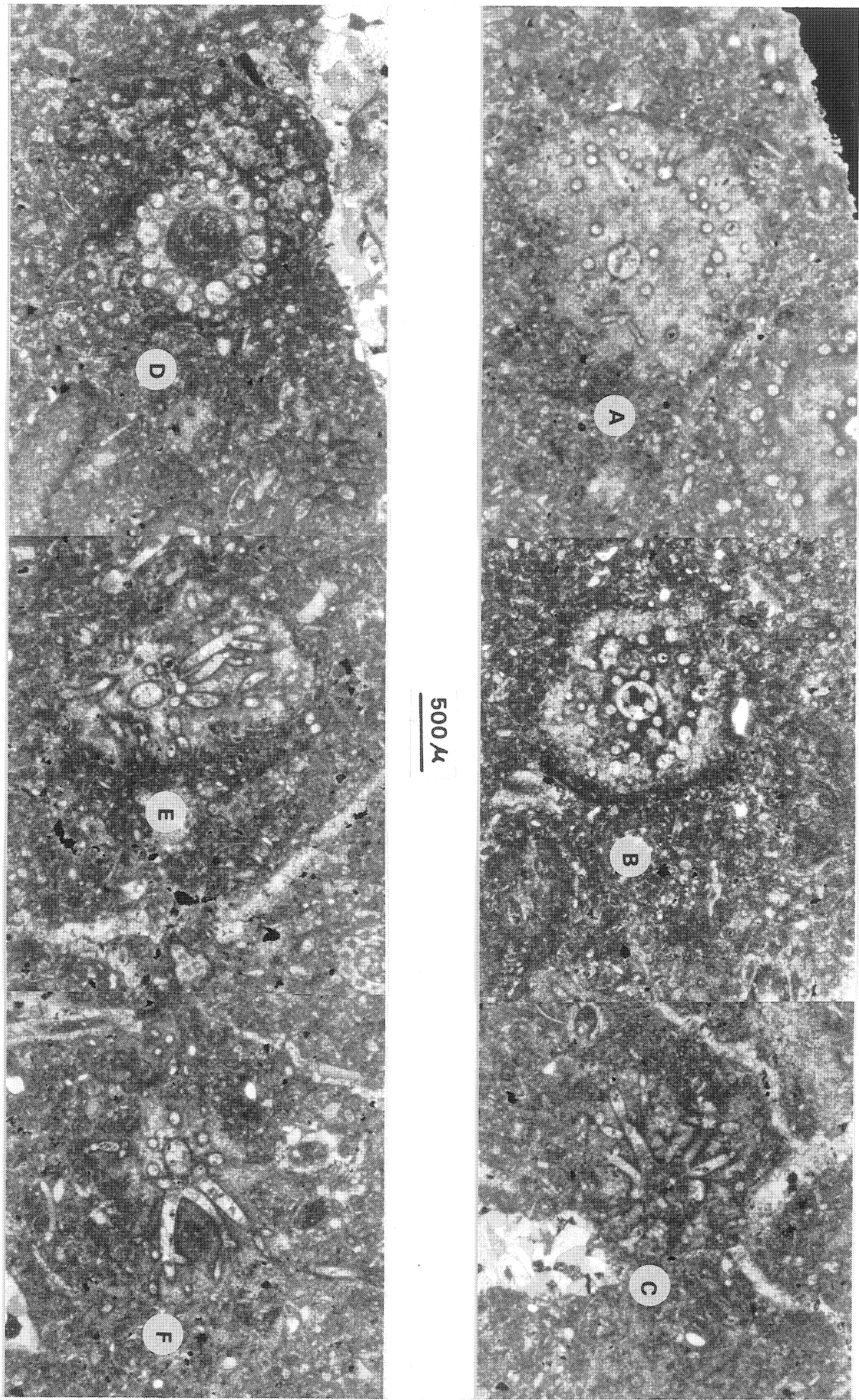


Planche 57

Charophytes du Crétacé inférieur

Fig. A à H – Coupes de thalles attribués à *Atopochara trivolvris triquetra* (Clavatoracées). Faciès urgoniens de la Chartreuse occidentale (Alpes occidentales, Sud-Est de la France). Berland, Unité de lever 4, Couches BsAia (Aptien inférieur/Bédoulien, M8b). Série MHNG 60007 à 60009.

Fig. I – Coupe de thalle d'une conservation exceptionnelle, attribution *incertae sedis* (*Hemiclavator adnatus* ?, Clavatoracées). Faciès urgoniens du Semnoz (Jura français méridional). Leschaux, galet de calcaire lacustre remanié (Aptien inférieur/Bédoulien, M8b). Série MHNG 60026 à 60029.

B-C-D : vues en lumière polarisée.

A-C-I : coupes axiales.

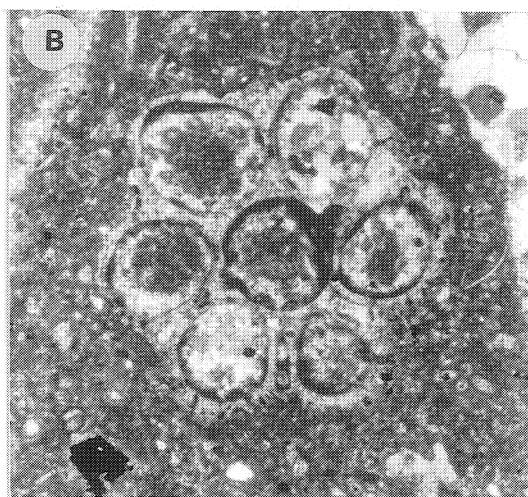
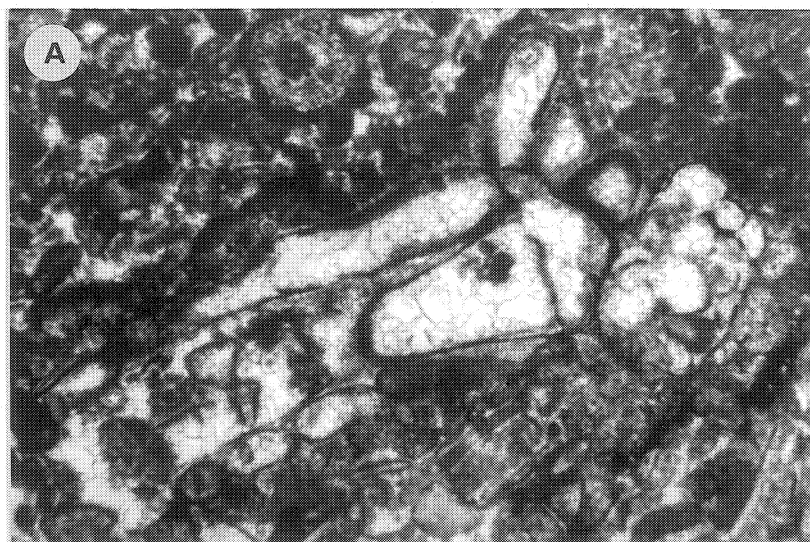
B-D-E-F-G-H : coupes transversales.

A-B-E : noeuds (verticilles de 6 cellules corticales entourant une cellule nodale centrale, cellules isodiamétriques).

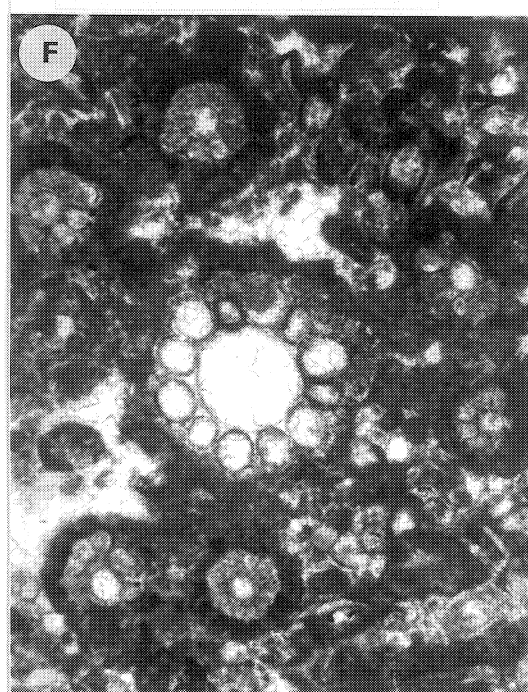
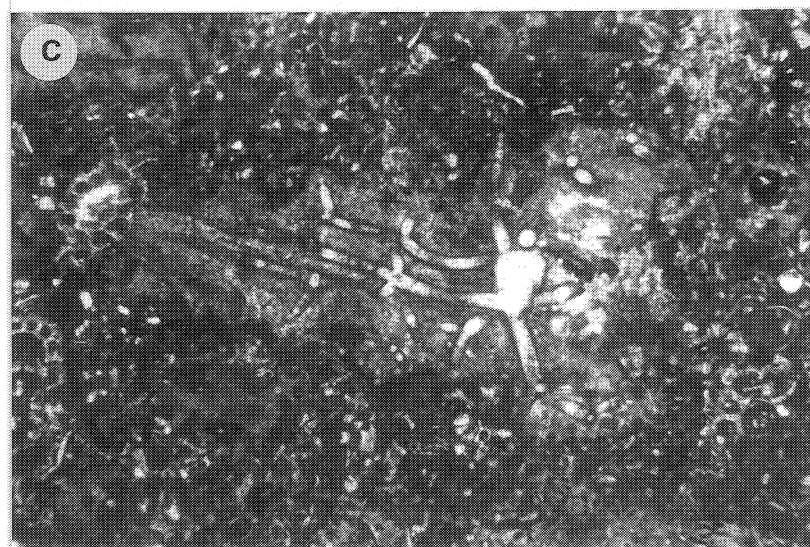
F-G : entre-noeuds (verticilles de 12 cellules corticales entourant une grosse cellule internodale centrale). En F, verticille périphérique montrant 6 rameaux secondaires bien visibles.

C-D : vues montrant la disposition et l'arrangement des rameaux secondaires (phylloïdes) selon une symétrie d'ordre 3 caractéristique des *Atopocharoideae*.

H : en bas, grand verticille écrasé et déformé de phylloïdes en position distale ; en haut, entre-noeud d'un axe plus proximal (cf. fig. F).



A-B-E-F-G-H: 500 μ



C-D-I: 500 μ

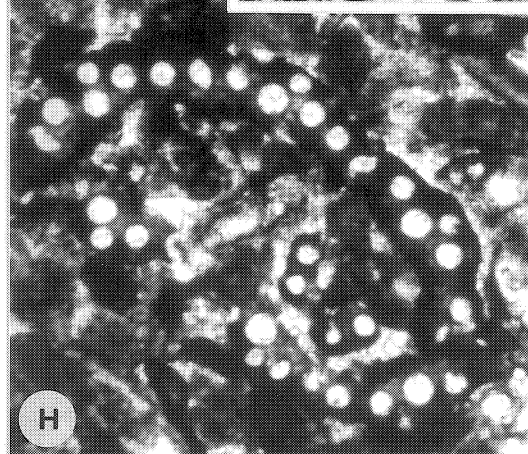
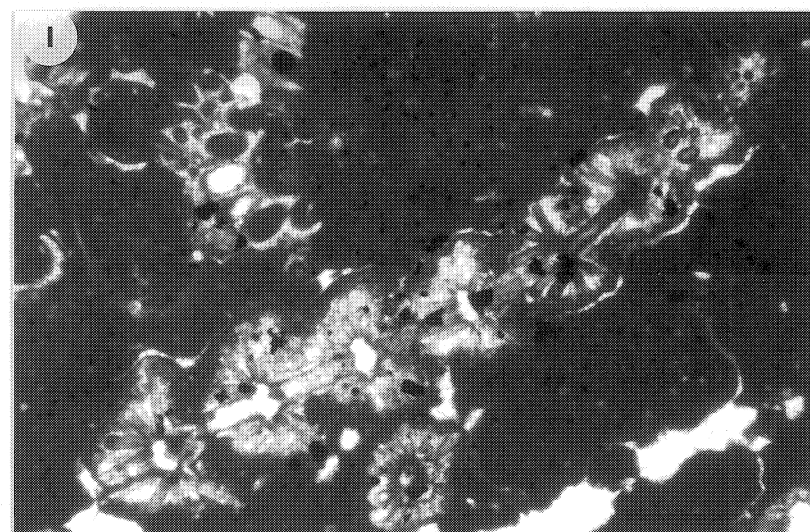
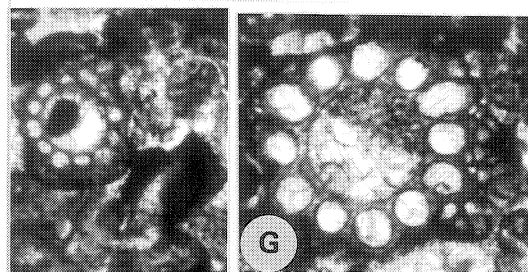
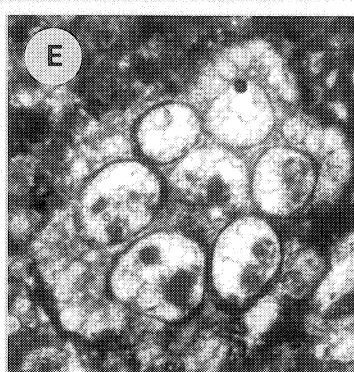
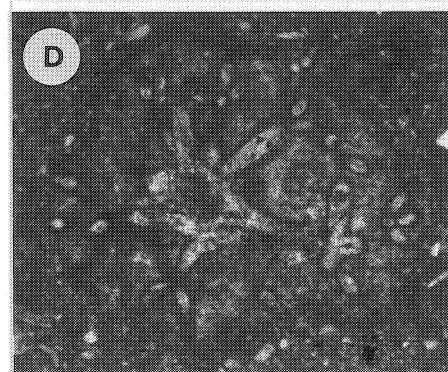


Planche 58

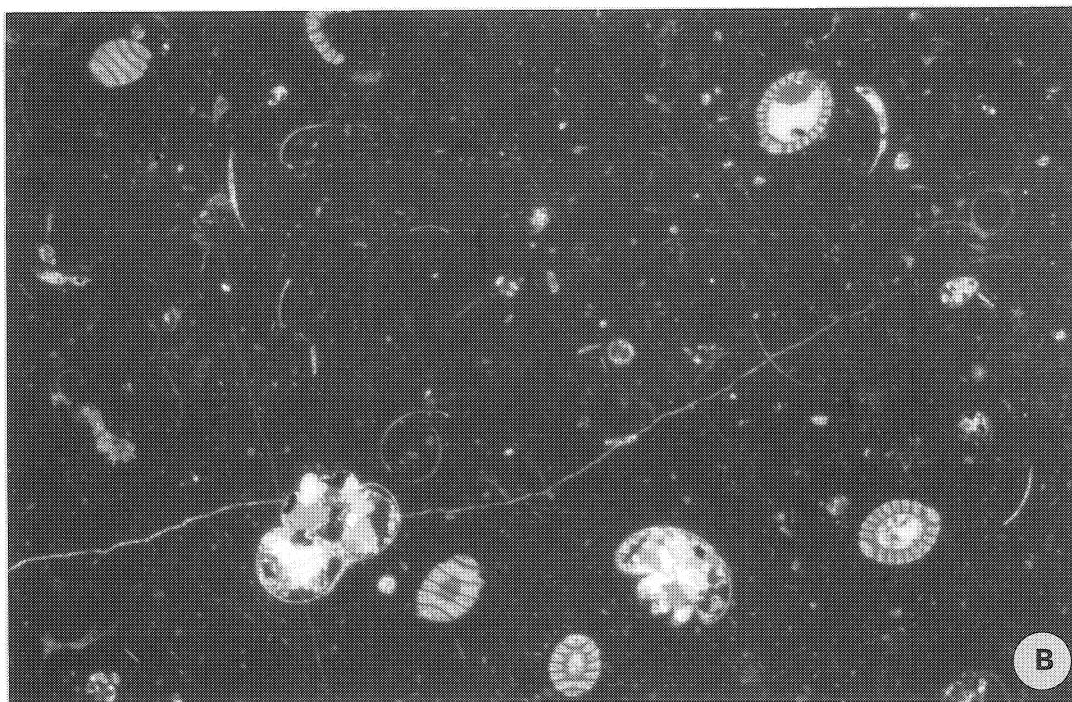
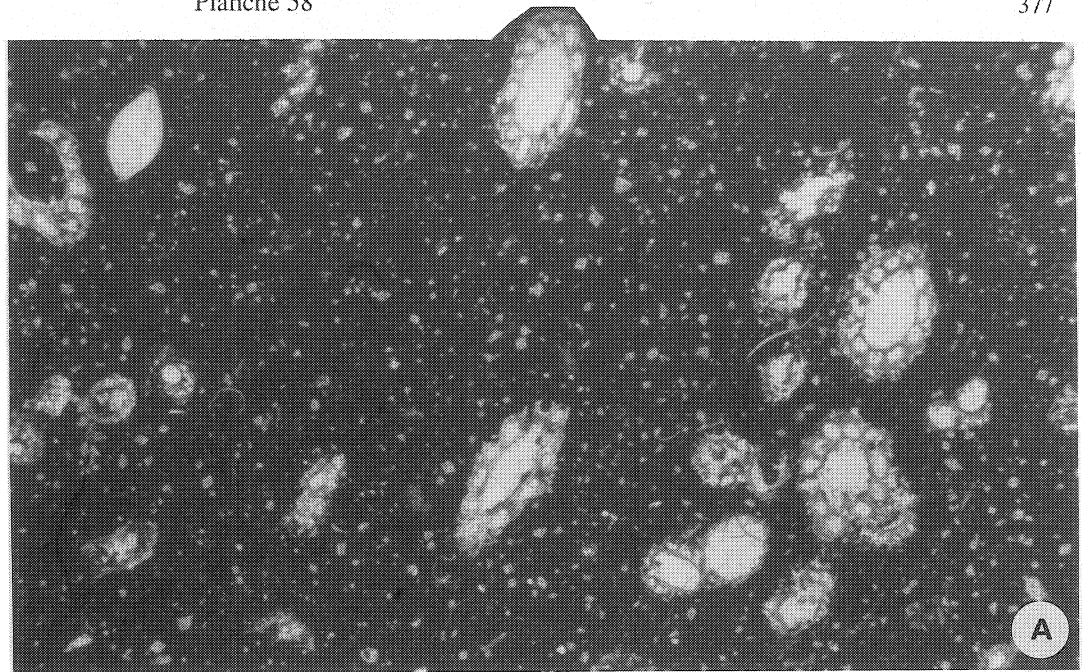
Microfaciès en lames-minces

Microfaciès du “Portlandien” (Tidalites de Vouglans, Tithonien, Jurassique terminal) du Salève (Jura français méridional). Série MHNG 59932 à 59941.

Fig. A – Faciès lagunaire saumâtre dolomitisé (dolomitisation secondaire à gros rhomboèdres de dolomite) à Charophytes (thalles de *Clavator reidi*, Clavatoracées) et Ostracodes (carapaces de Fabanelles). Ech. S 24.

Fig. B – Faciès laguno-lacustre à Charophytes (gyrogonites de *Porochara fusca*, Porocharacées), Ostracodes (valves de Fabanelles) et Gastéropodes (*Provalvata* sp.). Ech. S 21.

Fig. C – Faciès de plage à *Anchispirocyclina lusitanica* (Foraminifères benthiques, Lituolidés). Ech. S 42-43.



500 μ

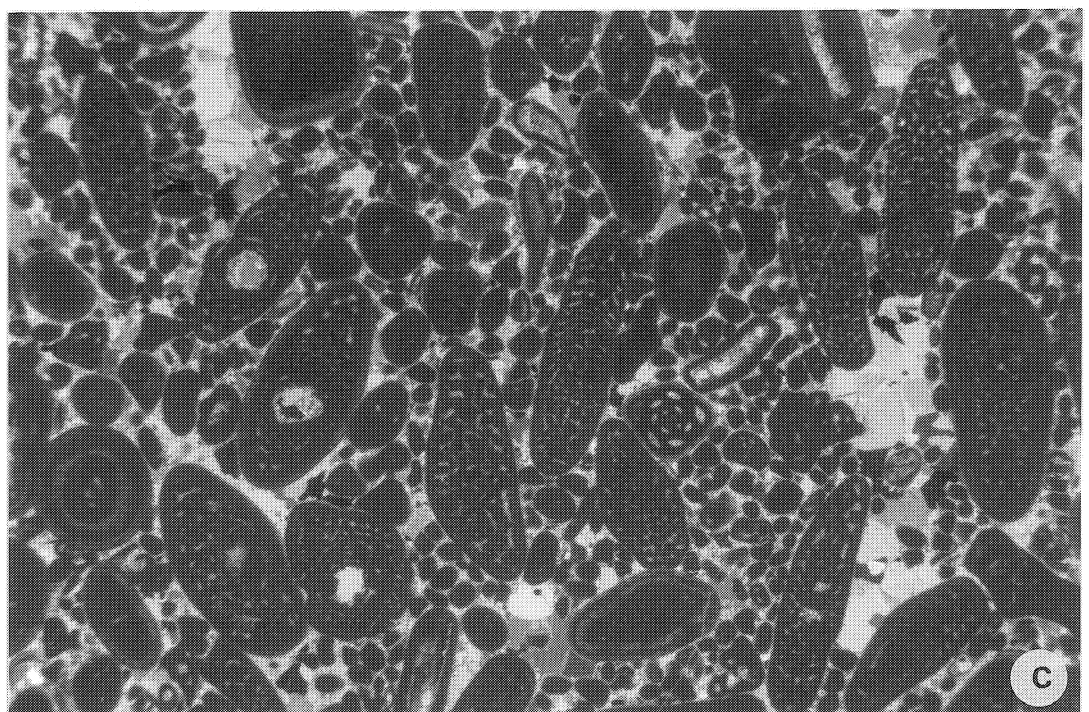


Planche 59

Microfaciès en lames-minces

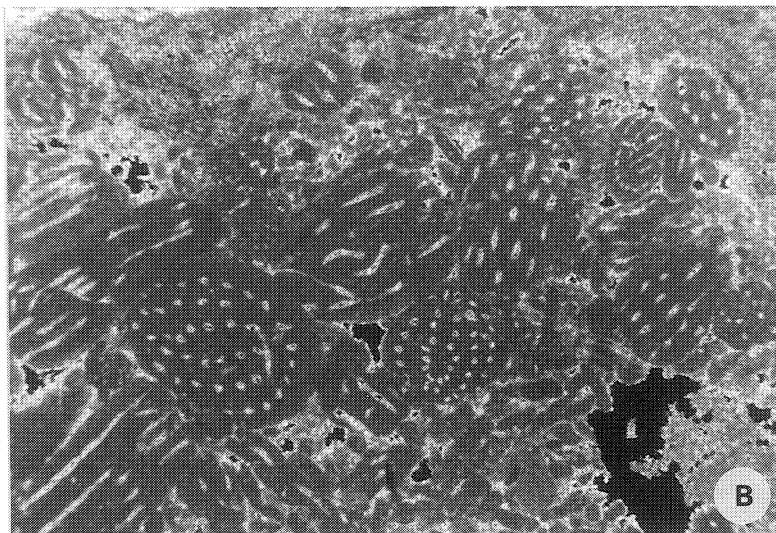
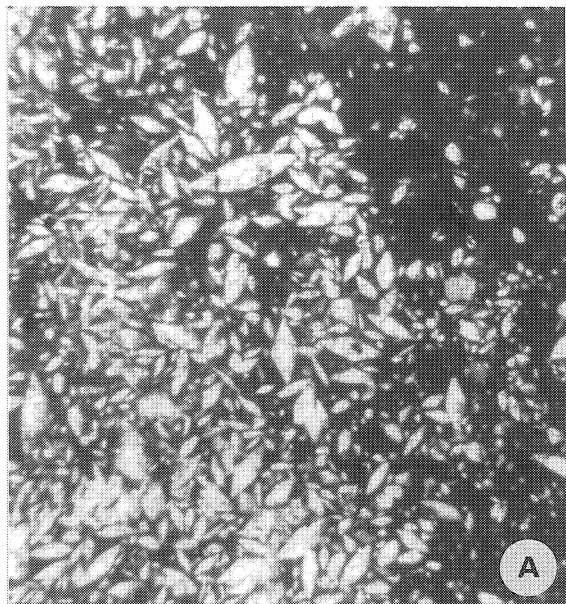
Microfaciès de la limite Jurassique/Crétacé du Jura central et méridional.

Fig. A – Faciès de sebkha à microcristaux de gypse. Carrière Juracime (éch. Ju 26), Purbeckien (Crétacé basal, Berriasien inférieur, M1b) du Jura central (Jura suisse occidental). MHNG 59949.

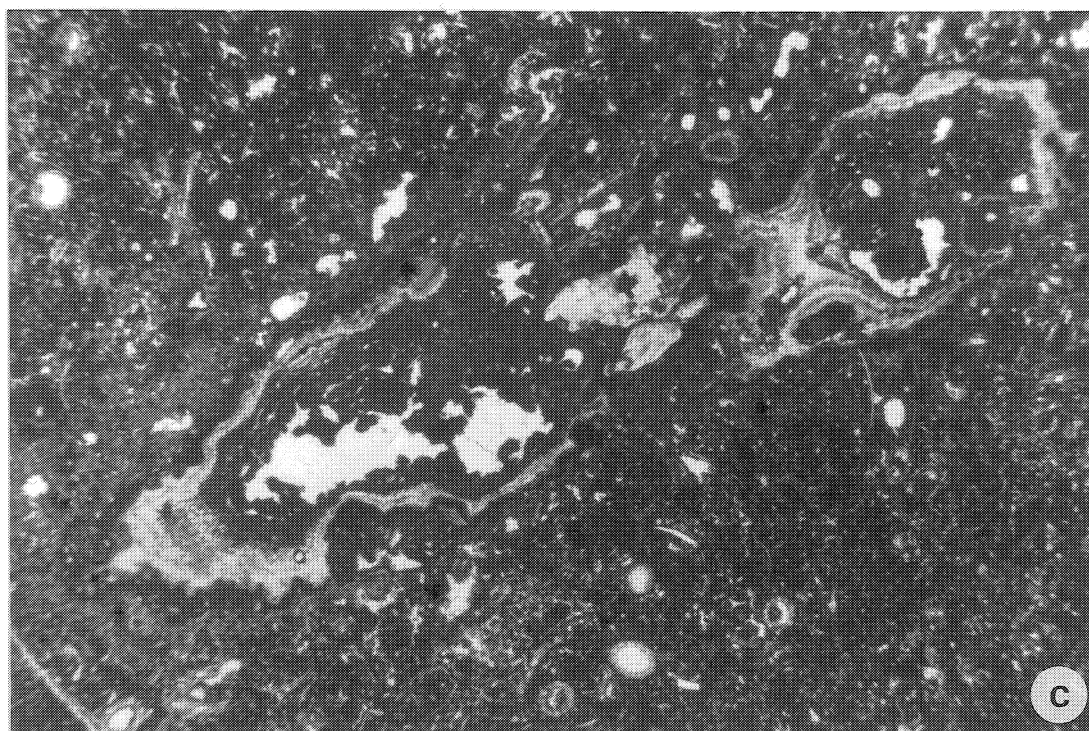
Fig. B – Faciès lagunaire dolomitisé à coprolithes de *Favreina salevensis* (Crustacés). Carrière Juracime (éch. Ju 27), partie sommitale du “Portlandien” (Tithonien, Jurassique terminal) du Jura central. MHNG 59946.

Fig. C – Faciès laguno-lacustre (Charophytes) calcrétisé, avec traces de radicelles (rhizolithes) très apparentes (au centre, avec remplissages sparitiques zonés). Bourdeau (éch. Bd 43), Purbeckien (Berriasien inférieur, M1b) du Jura français méridional. MHNG 60093.

Fig. D – Faciès d’estrans avec fissures de dessiccation (*circumgranular cracking*) montrant un début de formation de petits cailloux noirs. Riedli/Bienne (éch. RB 38), Purbeckien (Berriasien inférieur, M1b) du Jura central (Jura suisse occidental). MHNG 59904.



500 μ



500 μ

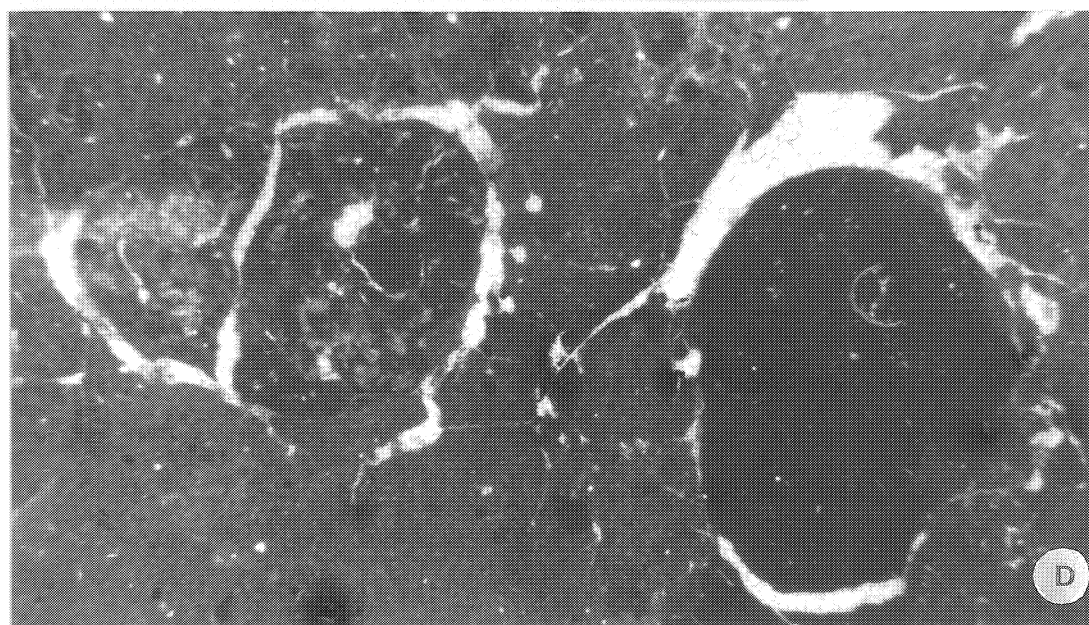


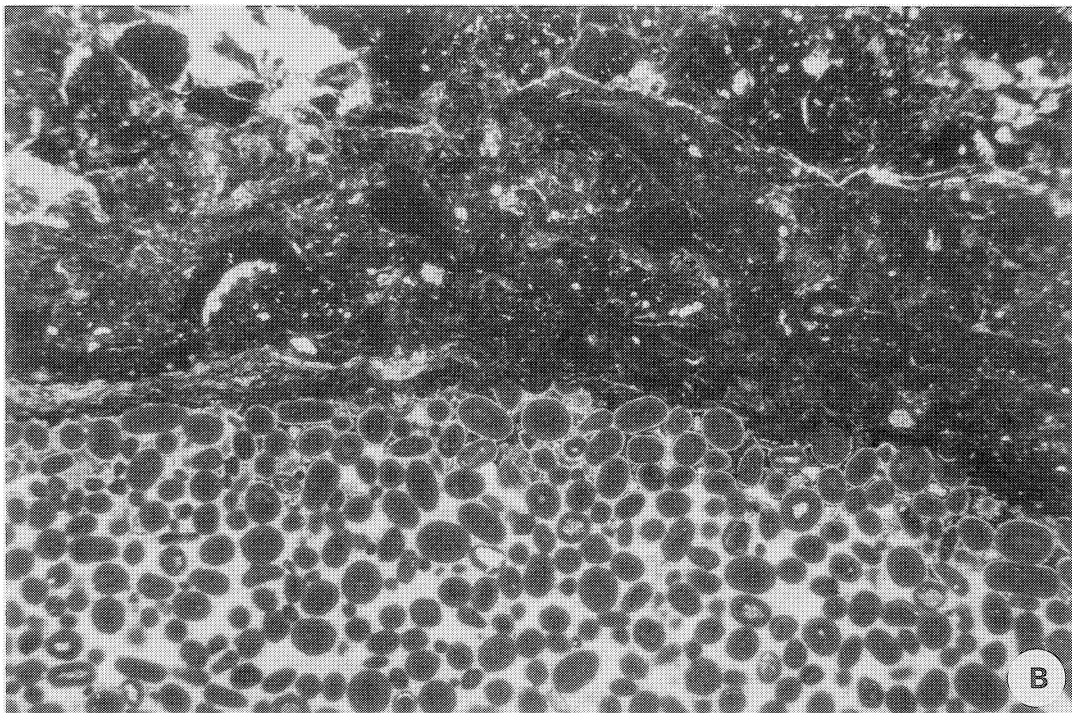
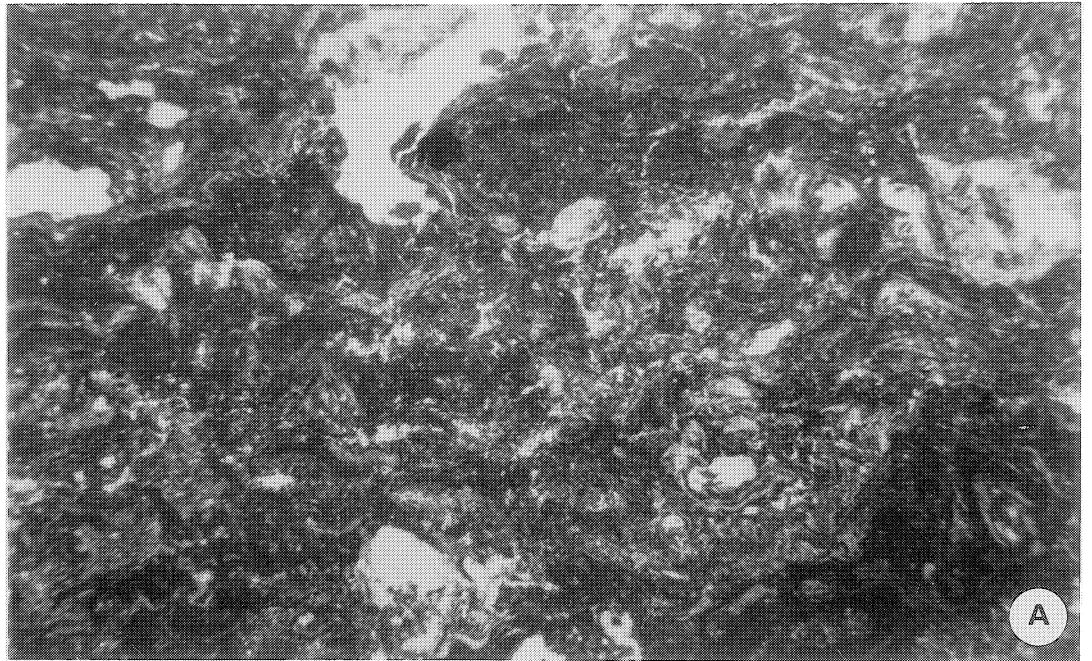
Planche 60

Microfaciès en lames-minces

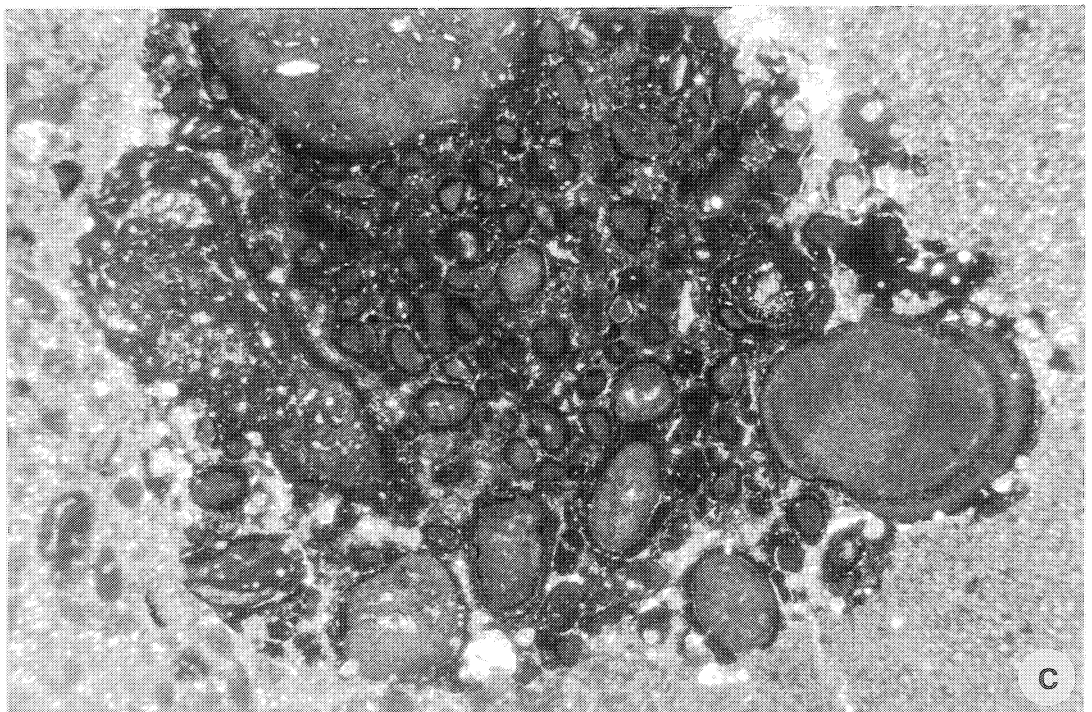
Microfaciès terrestres (paléosols) du Malm et du Crétacé basal du Jura français méridional.

Fig. A-B – Calcrête de la partie inférieure du Purbeckien (Berriasien inférieur) du Salève (éch. S 116). Série MHNG 59932 à 59941. En A, aspect général indifférencié typique d'un calcrête (croûte zonaire). En B, vue du calcrête et de son substratum oolithique partiellement diagénétisé.

Fig. C – Faciès de lagon marin calcrétisé à glaebules du Kimméridgien terminal (Jurassique supérieur) de St-Germain-de-Joux (éch. S.G.J.). Série MHNG 59989 à 59995.



500 μ



Sommaire

Chapitre 1 : Introduction.....	p. 6
1. Méthodologie.....	p. 7
1.1. Sédimentologie.....	p. 7
1.2. Micropaléontologie.....	p. 8
1.3. Traitement des résidus de lavage et du matériel récolté.....	p. 10
1.4. Réalisation de sections orientées.....	p. 11
2. Coupes de référence (S.-E. de la France, Suisse occidentale, N.-E. de l'Espagne).....	p. 11
Chapitre 2 : Stratigraphie et sédimentologie des coupes du Jurassique.....	p. 22
1. Le Jurassique moyen de la Bourgogne.....	p. 22
1.1. Sédimentologie et paléoécologie.....	p. 22
1.2. Attribution chronostratigraphique et micro-paléontologie.....	p. 24
1.3. Description de la coupe de Champlitte	p. 24
1.4. Description de la coupe des Belles-Baraques	p. 27
1.5. Discussion d'après les observations effectuées.....	p. 28
1.6. Conclusions.....	p. 29
2. Jurassique supérieur du Jura.....	p. 31
2.1. L'Oxfordien moyen-supérieur du Jura septentrional.....	p. 31
2.2. Description de la coupe des Combottes	p. 33
2.3. Kimméridgien – “Portlandien” (Tithonien).....	p. 35
2.4. Remarques sur les Ostracodes du Dogger-Malm de la Bourgogne et du Jura.....	p. 41
2.5. Conclusions sur le Jurassique moyen-supérieur.....	p. 42
Chapitre 3 : Stratigraphie et sédimentologie des coupes du Crétacé inférieur.....	p. 44
1. Faciès purbeckiens (Berriasien inférieur– moyen) du Jura (fig. 19 à 37).....	p. 44
1.1. Généralités.....	p. 44
1.2. Historique sur le Purbeckien.....	p. 44
1.3. Biostratigraphie et micropaléontologie du Purbeckien.....	p. 45
1.4. Sédimentologie et paléoécologie du Purbeckien.....	p. 47
1.5. L'Unité Inférieure Oolithique (U. I. O.).....	p. 51
1.6. Description de la coupe de Riedli /Bienne.....	p. 56
1.7. Description de la coupe de la carrière Juracime.....	p. 60
1.8. Description de la coupe de Bonlieu.....	p. 65
1.9. Description de la coupe de St-Claude.....	p. 67
1.10. Description de la coupe de Lavans-les-St-Claude.....	p. 71
1.11. Description de la coupe du Chapeau de Gendarme.....	p. 74
1.12. Description de la coupe du Poizat.....	p. 76
1.13. Description de la coupe de Thoirette.....	p. 78
1.14. Description de la coupe du Crozet.....	p. 81
1.15. Description de la coupe du Salève	p. 86
1.16. Description de la coupe de la carrière du Val de Fier ouest.....	p. 88
1.17. Description de la coupe du Bourdeau.....	p. 90
1.18. Description de la coupe de Yenne.....	p. 93
1.19. Description de la coupe du Col de l'Épine.....	p. 96
1.20. Description de la coupe du Col du Banchet.....	p. 97
1.21. Description de la coupe de la Cluse de Chailles.....	p. 99
2. Faciès wealdiens (Berriasien supérieur) du Jura et des Chaînes subalpines septentrionales (Chartreuse).....	p. 100
2.1. Généralités : sédimentologie, biostratigraphie et micropaléontologie.....	p. 100
2.2. Description de la coupe du Chapeau de Gendarme.....	p. 104
2.3. Description de la coupe de la carrière de Monnetier (Salève).....	p. 107
2.4. Description de la coupe du Vuache nord.....	p. 112
2.5. Description de la coupe du Val de Fier ouest	p. 114
2.6. Description de la coupe du Val de Fier est	p. 116
2.7. Description de la coupe du Molard de Vions	p. 118
2.8. Description de la coupe de La Pointière.....	p. 123
3. Valanginien et passage Valanginien – Haute-rivien du Jura.....	p. 126
3.1. Introduction.....	p. 126

3.2. Sédimentologie, interprétation séquentielle et corrélations.....	p. 126
3.3. Micropaléontologie, biostratigraphie et paléoécologie.....	p. 129
4. Faciès urgoniens du Jura et des Chaînes subalpines septentrionales (Bornes, Chartreuse et Vercors).....	p. 131
4.1. Généralités.....	p. 131
4.2. Description de la coupe de Berland (Chartreuse occidentale).....	p. 136
4.3. Descriptions des coupes de La Ruchère et des Gorges du Guiers Vif (Chartreuse occidentale).....	p. 139
5. Faciès "purbeckiens" de la Basse-Provence occidentale (région du Mt Faron, Toulon).....	p. 141
6. Faciès émergifs de l'intervalle Berriasien supérieur – Aptien inférieur du Maestrazgo (Nord-Est de l'Espagne).....	p. 144
6.1. Situation géographique et généralités.....	p. 144
6.2. Description de la coupe d'El Mangraner.....	p. 144
6.3. Description de la coupe de Les Rases.....	p. 151
Chapitre 4 : Taxonomie des Charophytes et Ostracodes.....	p. 153
1. Généralités sur les Charophytes.....	p. 153
2. Description des nouveaux taxons de Charophytes et d'Ostracodes.....	p. 157
2.1. La lignée phylogénétique des <i>Hemiglobator-Globator</i> (Clavatoracées, Charophytes).....	p. 157
2.2. Genres <i>Dictyoclavator</i> et <i>Favargerella</i> (Clavatoracées, Charophytes).....	p. 163
2.3. Ostracodes des genres <i>Cypridea</i> et <i>Septacandona</i> (laguno-lacustres) et <i>Cythereis</i> (marins).....	p. 166
3. Modes évolutifs et morphogénèse des Charophytes et des Ostracodes d'importance biostratigraphique.....	p. 171
Chapitre 5 : Polymorphisme écophénotypique et paléoécologie des gyrogonites de Charophytes de l'intervalle Jurassique moyen–Crétacé inférieur et de l'Actuel.....	p. 175
1. Observations sur le polymorphisme des gyrogonites fossiles des Porocharacées et des Characées.....	p. 175
1.1. Généralités.....	p. 175
1.2. Taxonomie (description systématique) et paléoécologie.....	p. 176
2. Observations sur le polymorphisme des gyrogonites d'une population actuelle de <i>Chara globularis</i>	p. 181
2.1. Introduction.....	p. 181
2.2. Buts du travail.....	p. 182
2.3. Caractéristiques biologiques de <i>Chara globularis</i>	p. 182
2.4. Biotope étudié et méthodologie.....	p. 182
2.5. Résultats et discussion.....	p. 182
2.6. Conclusions.....	p. 186
Chapitre 6 : Biozonation des Charophytes de l'intervalle Jurassique supérieur-Crétacé de l'Europe occidentale.....	p. 187
1. Introduction.....	p. 187
2. Jurassique supérieur (Malm : Oxfordien – Tithonien).....	p. 187
3. Crétacé inférieur.....	p. 190
4. Crétacé supérieur.....	p. 195
Chapitre 7 : Origine et phylogénie des Clavatoracées (Charophytes).....	p. 198
Chapitre 8 : Preuves indirectes d'une tectonique synsédimentaire dans le Crétacé inférieur du Jura franco-suisse et des Chaînes subalpines septentrionales du S.-E. de la France.....	p. 207
1. Introduction.....	p. 207
2. Description de la coupe du Maréchet (Purbeckien du Jura central).....	p. 209
3. Description de la coupe de la Source de l'Ain (Purbeckien du Jura central).....	p. 210
4. Conclusions.....	p. 210
Chapitre 9 : Biozonation continentale du Berriasien du Jura et corrélations plate-forme jurassienne – domaines téthysien et boréal.....	p. 212
1. Introduction.....	p. 212
2. Limite Jurassique/Crétacé et faciès purbeckiens (Berriasien inférieur-moyen / Volgien – Ryazanien).....	p. 214
2.1. Description des horizons 69 à 89 de la coupe de Durlston Bay (Dorset, Sud de l'Angleterre).....	p. 214
2.2. Berriasien inférieur/Volgien.....	p. 216
2.3. Berriasien moyen/Ryazanien.....	p. 220
3. Faciès wealdiens (Berriasien supérieur / Ryazanien – Valanginien).....	p. 221
Chapitre 10 : Conclusions	p. 224

Liste des figures

Fig. 1.– Classification des roches carbonatées, d'après Folk.....	p. 8
Fig. 2.– Plan de situation des aires géographiques comprises dans le cadre de cette étude.....	p. 12
Fig. 3.– Bourgogne, Jura et Chaînes subalpines septentrionales : localisation géographique des coupes et des profils...	p. 15
Fig. 4.– Schéma géologique du Jura franco-suisse et de ses pourtours.....	p. 18
Fig. 5.– Représentation schématique de la couverture mésozoïque du Jura.....	p. 21
Fig. 6.– Écologie et sédimentologie d'une plaine d'estran de type bahamien.....	p. 22
Fig. 7.– Variation des faciès du Bathonien de Bourgogne, d'ouest en est, entre Nuits-sous-Ravière et Besançon.....	p. 23
Fig. 8.– Levé de la portion de coupe étudiée dans la carrière de Champlitte (Bourgogne).....	p. 25
Fig. 9.– Vues de la portion de coupe étudiée dans la carrière de Champlitte (Bathonien inférieur-moyen).....	p. 26
Fig. 10.– Coupe des Belles-Baraques (Bourgogne).....	p. 28
Fig. 11.– Carte de faciès du Jurassique moyen sur les marges de la Téthys.....	p. 29
Fig. 12.– Schéma synthétique de l'Oxfordien-Kimméridgien du Jura suisse septentrional.....	p. 30
Fig. 13.– Coupes synthétiques des formations de l'Oxfordien moyen-supérieur du Jura franco-suisse septentrional.....	p. 32
Fig. 14.– Levé de la coupe des Combottes	p. 34
Fig. 15.– Schémas synthétiques du Malm du Jura français.....	p. 36
Fig. 16.– Schéma synthétique de l'Oxfordien supérieur-Kimméridgien du Jura français septentrional.....	p. 37
Fig. 17.– Faciès émergifs du sommet des Calcaires de la Loue, Kimméridgien inférieur du Jura français septentrional	p. 38
Fig. 18.– Coupe des Hautes-Roches, partie basale de la Formation de Reuchenette (Kimméridgien basal).....	p. 39
Fig. 19.– Levé de la coupe de Riedli/Bienne (Jura suisse occidental).....	p. 54
Fig. 20.– Le paléokarst du Berriasien moyen de la coupe de Riedli, près de Bienne, dans le Jura suisse occidental.....	p. 57
Fig. 21.– Levé de la coupe de la carrière Juracime (Jura suisse occidental).....	p. 61
Fig. 22.– Minéralisations particulières liées aux dépôts évaporitiques de sebkhas du Purbeckien du Jura central.....	p. 62
Fig. 23.– Levé de la coupe de Bonlieu (Jura français central).....	p. 66
Fig. 24.– Levé de la coupe de St-Claude (Jura français central).....	p. 68
Fig. 25.– Levé de la coupe de Lavans-les-St-Claude (Jura français central).....	p. 72
Fig. 26.– A et B : vues de la coupe de Lavans-les-St-Claude dans le Jura français central.....	p. 73
Fig. 27.– Levé de la coupe du Chapeau de Gendarme (Jura français central).....	p. 75
Fig. 28.– Levé de la coupe du Poizat (Jura français méridional).....	p. 77
Fig. 29.– Levé de la coupe de Thoirette (Jura français méridional).....	p. 79
Fig. 30.– Levé de la coupe du Crozet (Jura français méridional).....	p. 83
Fig. 31.– Coupe du Salève (Jura français méridional).....	p. 87
Fig. 32.– Levé de la coupe du Val de Fier ouest (Jura français méridional).....	p. 89
Fig. 33.– Levé de la coupe du Bourdeau (Jura français méridional).....	p. 92
Fig. 34.– Levé de la coupe de Yenne (Jura français méridional).....	p. 95
Fig. 35.– Levé de la coupe du Col de l'Épine (Jura français méridional).....	p. 97
Fig. 36.– Levé de la coupe du Col du Banchet (Jura français méridional).....	p. 98
Fig. 37.– Levé de la coupe de la Cluse de Chailles (Jura français méridional).....	p. 100
Fig. 38.– Carte de faciès du Crétacé inférieur sur les marges de la Téthys.....	p. 101
Fig. 39.– Levé de la coupe du Chapeau de Gendarme (Jura français central).....	p. 105
Fig. 40.– Levé de la coupe de la carrière de Monnetier (Salève, Jura français méridional).....	p. 108
Fig. 41.– Levé de la coupe du Vuache nord (Jura français méridional).....	p. 113
Fig. 42.– Levé de la coupe du Val de Fier ouest (Jura français méridional).....	p. 115
Fig. 43.– Levé de la coupe du Val Fier est (Jura français méridional).....	p. 116
Fig. 44.– Levé de la coupe du Molard de Vions (Jura français méridional).....	p. 120
Fig. 45.– Levé de la coupe de La Pointière (Chartreuse occidentale).....	p. 123
Fig. 46.– Plan de situation des coupes de référence de la fig. 47 et détail de la coupe de Buttes.....	p. 127
Fig. 47.– Schéma des corrélations litho- et biostratigraphiques entre les coupes du Berriasio-Valanginien du Jura central	p. 128
Fig. 48.– Schéma stratigraphique général de l'Urgonien des Chaînes subalpines septentrionales du Sud-Est de la France	p. 132

Fig. 49.– Coupe de la série écaillée de la Chartreuse.....	p. 134
Fig. 50.– Coupe synthétique de l'Urgonien des Gorges du Guiers Vif ("Gorges du Frou") en Chartreuse occidentale...	p. 135
Fig. 51.– Coupe de Berland.....	p. 137
Fig. 52.– Coupes de La Ruchère (A) et des Gorges du Guiers Vif (B).....	p. 140
Fig. 53.– Coupes des faciès "purbeckiens" (Berriasien supérieur terminal) de la région du Mont Faron (Toulon)	p. 142
Fig. 54.– Plan de situation des coupes de référence des faciès émergifs du Nord-Est de l'Espagne.....	p. 143
Fig. 55.– Coupe d'El Mangraner (Province de Castellón, Espagne).....	p. 145
Fig. 56.– Levés de la coupe de El Mangraner (intervalle "Portlan-dien"/Tithonien – Bédoulien).....	p. 146
Fig. 57.– Vues de la Formation des Calcaires de Herbers (Valanginien inférieur).....	p. 149
Fig. 58.– Levé de la coupe de Les Rases (Barrémien).....	p. 150
Fig. 59.– Coupe de Les Rases (Province de Teruel, Espagne).....	p. 151
Fig. 60.– Aspect général du thalle des Charophytes actuelles, illustré par l'exemple des Characées.....	p. 153
Fig. 61.– Détails du thalle et des fructifications des Charophytes actuelles, illustrés par l'exemple des Characées.....	p. 154
Fig. 62.– Tableau de la classification et de l'évolution des Charophytes d'après les principaux types de fructifications.....	p. 156
Fig. 63.– Morphologie et structure de l'utricule dans la lignée phylogénétique des Hemiglobator-Globator.....	p. 158
Fig. 64.– Cypridea sp. (Ostracodes laguno-lacustres).....	p. 167
Fig. 65.– Cythereis sp. (Ostracodes marins).....	p. 170
Fig. 66.– Plan de situation géographique du petit étang de Suisse occidentale étudié en 1990-1991.....	p. 181
Fig. 67.– Vue générale et vue de détail de l'étang.....	p. 183
Fig. 68.– Tableau des paramètres écologiques mesurés, température, pH et composition isotopique de l'eau de l'étang au cours du cycle de calcification des Charophytes (Characées) en 1991.....	p. 184
Fig. 69.– Diagramme des températures mesurées et calculées en fonction de la composition isotopique en oxygène lourd (18O) de l'eau de l'étang entre avril et juillet 1991.....	p. 185
Fig. 70.– Tableau comparatif des biozonations de Charophytes (Clavatoracées) de l'intervalle Jurassique supérieur-Crétacé supérieur basal de l'Europe occidentale.....	p. 188
Fig. 71.– Biozonation des Charophytes de l'intervalle Jurassique supérieur-Crétacé supérieur de l'Europe occidentale.....	p. 189
Fig. 72.– Structure de l'utricule de <i>Clavator reidi</i> Groves, 1924 (Clavatoracées, Charophytes).....	p. 199
Fig. 73.– Lames-minces de microfaciès à Charophytes (herbiers lacustres) à thalles d' <i>Echinochara spinosa</i> PECK, 1957	p. 199
Fig. 74.– Thalles et fructifications d' <i>Echinochara spinosa</i> PECK, 1957 de la Formation Morrison.....	p. 200
Fig. 75.– Coupe du thalle de <i>Clavator reidi</i> Groves, 1924 (Clavatoracées, Charophytes).....	p. 201
Fig. 76.– Vue transversale d'un thalle cassé de <i>Flabellochara grovesi</i> (HARRIS, 1939) GRAMBAST, 1962	p. 201
Fig. 77.– Structure du thalle de <i>Perimneste horrida</i> HARRIS, 1939 du Purbeckien anglais.....	p. 202
Fig. 78.– Structure externe de l'utricule du genre <i>Dictyoclavator</i> (Clavatoracées, Charophytes).....	p. 202
Fig. 79.– Premiers représentants des Clavatoracées (Charophytes) du Malm de l'Hémisphère Nord.....	p. 203
Fig. 80.– Utricules de Clavatoracées et reconstitution de leurs composants végétatifs étalés dans un plan.....	p. 203
Fig. 81.– Tableau des relations phylogénétiques des Clavatoracées (Charophytes).....	p. 205
Fig. 82.– Carte tectonique du Jura franco-suisse (A) et des Chaînes subalpines du Sud-Est de la France (B).....	p. 206
Fig. 83.– Coupe géologique de la région de Lons-le-Saunier.....	p. 211
Fig. 84.– Coupe géologique interprétative de la Haute Chaîne du Jura franco-suisse.....	p. 211
Fig. 85.– Coupes stratigraphiques et biozonation continentale dans le Jurassique terminal et le Crétacé basal.....	p. 213
Fig. 86.– Coupe de Durlston Bay (DB, Dorset, Sud de l'Angleterre).....	p. 215
Fig. 87.– Tableau des corrélations entre les faciès purbeckiens du Sud de l'Angleterre et du Jura franco-suisse.....	p. 217
Fig. 88.– Schéma synthétique des corrélations litho- et biostratigraphiques du Jurassique terminal et du Crétacé basal	p. 219
Fig. 89.– Tableau de corrélation entre les faciès purbecko-wealdiens du domaine boréal et du Jura franco-suisse.....	p. 221
Fig. 90.– Schémas de l'évolution paléogéographique de la surface de la Terre au cours du Mésozoïque.....	p. 227
Fig. 91.– Tableau de répartition stratigraphique des Charophytes du Jurassique terminal – Crétacé basal.....	p. 232
Fig. 92.– Tableau de répartition stratigraphique des Ostracodes laguno-lacustres du Crétacé basal	p. 233
Fig. 93.– Tableau de répartition stratigraphique des Ostracodes marins du Crétacé basal de la plate-forme jurassienne.	p. 234
Fig. 94.– Tableau de répartition stratigraphique des Ostracodes marins (suite) et des Foraminifères benthiques.....	p. 235
Fig. 95.– Lignée évolutive du genre <i>Globator</i> (Clavatoracées, Charophytes).....	p. 236
Fig. 96.– Lignée évolutive du genre <i>Hemiglobator</i> (Clavatoracées, Charophytes).....	p. 237